Samir Okasha

Il primo libro di filosofia della scienza

Piccola Biblioteca Einaudi

Piccola Biblioteca Einaudi
Filosofia

Che cos'è la scienza? C'è una vera differenza tra la scienza e il mito? La scienza è obiettiva? È in grado di spiegare tutto? Questa agile introduzione espone in modo molto chiaro i temi principali della filosofia della scienza, dai suoi fondamenti agli sviluppi successivi del ragionamento scientifico, confrontandosi anche con le analisi di chi si oppone (filosoficamente) al suo metodo.
Dopo alcune pagine dedicate a un breve excursus di storia della scienza, Samir Okasha investiga la natura delle argomentazioni della scienza, la specificità delle sue spiegazioni, delle sue teorie e rivoluzioni. Un'attenzione particolare è dedicata ai risvolti filosofici di alcune discipline, ad esempio al problema della classificazione in biologia o alla natura dello spazio e del tempo per la fisica.
Questo libro costituisce il primo strumento per avvicinarsi all'attuale dibattito epistemologico fornendo gli strumenti critici adeguati alla comprensione della struttura e dei valori della scienza contemporanea.

Sommario:

Samir Okasha insegna all'Università di Bristol; in precedenza è stato docente di filosofia della scienza all'Università di York, a Oxford, alla London School of Economics e all'Università nazionale del Messico.

€ 16,00

Samir Okasha

Il primo libro di filosofia della scienza

Piccola Biblioteca Einaudi
Filosofia

Indice

Indice delle illustrazioni

IL PRIMO LIBRO DI FILOSOFIA DELLA SCIENZA

Desidero ringraziare Bill Newton-Smith, Peter Lipton, Elizabeth Okasha, Liz Richardson e Shelley Cox per aver letto e commentato versioni precedenti di questo testo.

Capitolo primo

Che cos'è la scienza?

Che cos'è la scienza? Ecco una domanda a cui sembra facile rispondere: tutti sanno che discipline come la fisica, la chimica e la biologia fanno parte della scienza; mentre arte, musica e teologia ne sono escluse. Quando però ci chiediamo in quanto filosofi che cosa sia la scienza non è questo il tipo di risposta che cerchiamo. Non chiediamo una mera lista delle attività che sono di solito chiamate «scienza». Piuttosto ci stiamo interrogando sulla caratteristica comune condivisa da tutte le attività della lista. Ovvero su ciò che *rende* qualcosa una scienza. Intesa in questo modo, non si tratta di una domanda banale.

Nonostante ciò, si potrebbe ancora pensare che si tratti di una domanda relativamente semplice. Non è forse vero che la scienza è il tentativo di comprendere, spiegare e prevedere lo sviluppo del mondo in cui viviamo? Questa è certamente una risposta ragionevole; ma è anche completa? Dopo tutto anche le diverse religioni tentano di comprendere e spiegare il mondo, ma non sono considerate in genere come settori della scienza. Analogamente, l'astrologia e la lettura del destino sono tentativi di prevedere il futuro, ma la maggioranza delle persone non descriverebbe queste attività come scienza. Oppure consideriamo la storia: gli storici cercano di comprendere e spiegare ciò che è accaduto nel passato. Ma la storia è normalmente classificata tra le discipline umanistiche e non tra quelle scientifiche.

Molti ritengono che le caratteristiche specifiche della scienza risiedano nei metodi particolari che gli scienziati usano nelle loro investigazioni del mondo. Si tratta di un suggerimento molto plausibile, in quanto molte scienze utilizzano specifici metodi di indagine, che non ritroviamo

nelle discipline non scientifiche. Un esempio ovvio è il ricorso agli esperimenti, che storicamente ha segnato un punto di svolta nello sviluppo della scienza moderna. Non tutte le scienze sono sperimentali, però. Gli astronomi, ovviamente, non possono fare esperimenti nei cieli, e debbono piuttosto accontentarsi di attente osservazioni, e lo stesso può dirsi di molte scienze sociali. Un'altra caratteristica importante della scienza è la costruzione di teorie. Gli scienziati non si limitano a registrare in un libro i risultati di esperimenti e osservazioni – di solito il loro intento è spiegare questi risultati nei termini di una teoria generale. Non è sempre facile farlo, ma ci sono stati grandi successi, e uno dei problemi principali della filosofia della scienza è proprio spiegare in che modo tecniche come la sperimentazione, l'osservazione e la costruzione di teorie abbiano permesso agli scienziati di strappare alla natura tanti dei suoi segreti.

1. *Le origini della scienza moderna.*

Nelle scuole e nelle università odierne la scienza è insegnata in modo sostanzialmente astorico. I libri di testo presentano le idee chiave di una disciplina nella forma piú adeguata possibile, con pochi riferimenti al processo storico, lungo e spesso tortuoso, che ha portato alla loro scoperta. Si tratta di una strategia pedagogica sensata; ma una qualche conoscenza della storia delle idee scientifiche è di aiuto per la comprensione delle questioni che interessano la filosofia della scienza. In realtà, come vedremo nel quinto capitolo, c'è chi sostiene che una grande attenzione alla storia della scienza è indispensabile per fare una buona filosofia della scienza.

Le origini della scienza moderna vanno rintracciate in un periodo di rapido sviluppo del sapere che ebbe luogo in Europa tra il 1500 e il 1750, e che noi oggi chiamiamo «rivoluzione scientifica». Naturalmente anche nel mondo antico e medioevale si effettuavano indagini scientifiche – la rivoluzione scientifica non nasce dal nulla. In questi periodi piú antichi, la visione del mondo dominante era l'A-

ristotelismo, cosí chiamato dal filosofo greco Aristotele, che sviluppò dettagliate teorie in ambito fisico, biologico, astronomico e cosmologico. Ma le idee di Aristotele, cosí come i suoi metodi d'indagine, sembrerebbero strani a uno scienziato moderno. Per fare un solo esempio, egli credeva che tutti i corpi terrestri fossero composti di quattro soli elementi, terra, fuoco, aria e acqua. Inutile dire che quest'idea è in conflitto con quanto ci insegna la chimica moderna.

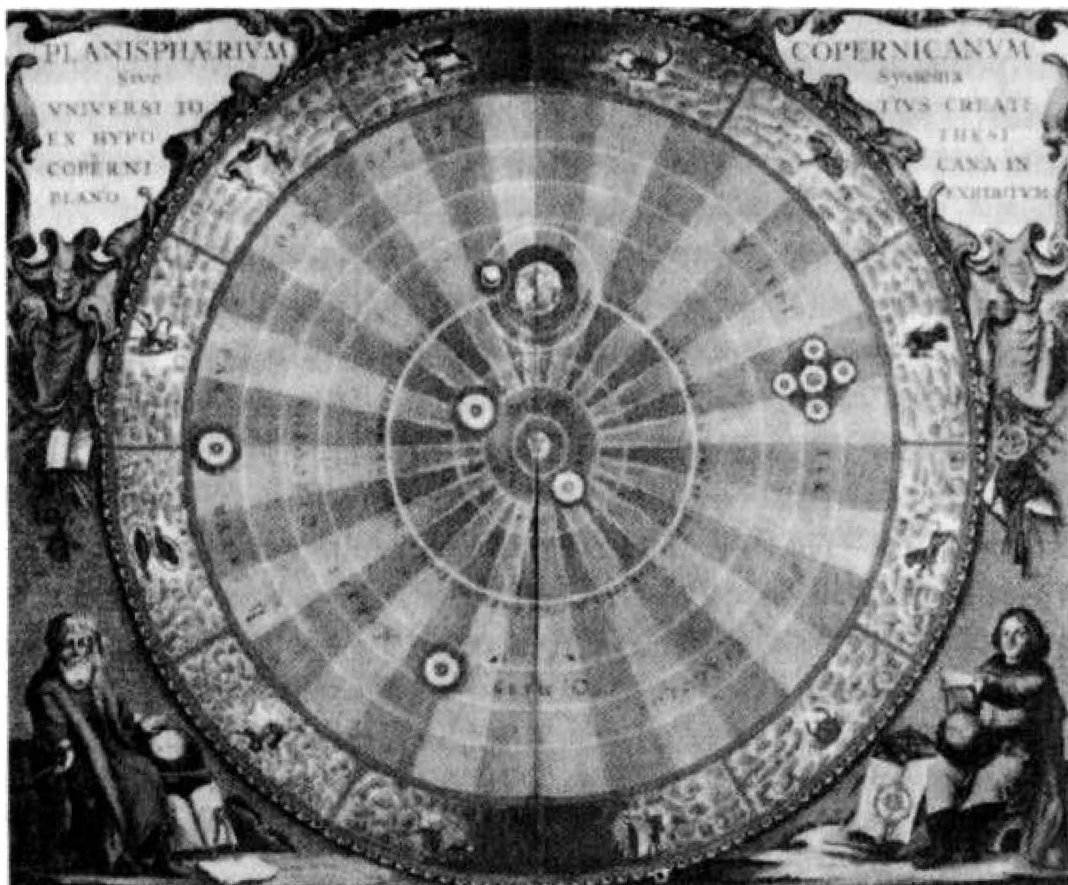
Il primo passo cruciale nello sviluppo della scienza moderna fu la rivoluzione copernicana. Nel 1542 l'astronomo polacco Nicola Copernico (1473-1543) pubblicò un libro che attaccava il modello geocentrico dell'universo, e che collocava la terra al centro del cosmo, con i pianeti e il sole che le orbitavano intorno. L'astronomia geocentrica, anche nota col nome di tolemaica dall'antico astronomo greco Tolomeo, era il fulcro della visione del mondo aristotelica, ed era rimasta sostanzialmente immutata per 1800 anni. Ma Copernico suggerí un'alternativa: il *sole* era il centro fisso dell'universo, e i pianeti, terra compresa, gli orbitavano intorno (fig. 1). In questo modello eliocentrico, la terra è considerata un pianeta come un altro, e perde quindi quello status privilegiato che le era stato attribuito dalla tradizione. La teoria di Copernico incontrò all'inizio una forte opposizione, non ultima quella della Chiesa cattolica, che la considerava contraria alle scritture e nel 1616 mise all'indice i libri che difendevano la tesi del movimento della terra. Nel giro di cent'anni, tuttavia, il copernicanesimo divenne parte dell'ortodossia scientifica.

L'innovazione promossa da Copernico non condusse soltanto a una migliore astronomia; indirettamente essa promosse lo sviluppo della fisica moderna, attraverso l'opera di Giovanni Keplero (1571-1630) e Galileo Galilei (1564-1642). Keplero scoprí che i pianeti non girano intorno al sole con orbite circolari, come credeva Copernico, ma ellittiche: si tratta della cruciale «prima legge» del moto planetario. La seconda e la terza legge specificano la velocità alla quale i pianeti ruotano intorno al sole. Nel loro insieme le leggi di Keplero fornivano una teoria planetaria di gran lunga superiore rispetto a qualunque altra avanzata in

precedenza, risolvendo problemi che avevano sfidato gli astronomi per secoli. Galileo sostenne per tutta la vita il copernicanesimo, e fu tra i pionieri del telescopio. Quando lo puntò verso il cielo fece una serie di stupefacenti osservazioni, scoprendo le montagne della luna, una moltitudine di stelle, le macchie solari e le lune di Giove. Tutte queste scoperte entrarono in conflitto diretto con l'aristotelismo, giocando un ruolo cruciale nell'affermazione della teoria di Copernico.

Il piú duraturo contributo di Galileo non si colloca però nell'astronomia, ma nella meccanica, dove confutò la dottrina aristotelica secondo cui i corpi piú pesanti si muovono piú velocemente di quelli piú leggeri. Al posto di questa teoria, Galileo sostenne l'ipotesi controintuitiva secondo cui ogni corpo in caduta libera si muoverà verso la

Figura 1.

Il modello eliocentrico dell'universo di Copernico mostra i pianeti, compresa la terra, che orbitano intorno al sole.

terra con la stessa rapidità, indipendentemente dal peso (fig. 2). (Naturalmente, nella pratica, se lasciate cadere dalla stessa altezza una piuma e una palla di cannone, la palla raggiungerà il suolo prima; ma Galileo argomentò che ciò si deve semplicemente alla resistenza dell'aria – nel vuoto atterrerebbero insieme). Inoltre egli affermò che i corpi in caduta libera accelerano uniformemente, acquistano gli stessi incrementi di velocità in tempi uguali. Questa è nota come la legge della caduta libera di Galileo, il quale forní una serie di prove persuasive, anche se non del tutto conclusive, in suo favore, e ne fece la pietra miliare della sua meccanica.

Galileo viene generalmente considerato come il primo fisico veramente moderno; fu il primo a mostrare che il linguaggio della matematica poteva essere usato per descrivere il comportamento degli oggetti reali del mondo materiale, come i corpi in caduta, i proiettili ecc. A noi ciò sembra ovvio – le teorie scientifiche odierne sono formulate in linguaggio matematico non soltanto nell'ambito delle scienze fisiche, ma anche in biologia ed economia – ma al tempo di Galileo non lo era. Si riteneva che la matematica avesse a che fare solo con entità astratte, e non fosse quindi applicabile alla realtà fisica. Un altro aspetto innovativo dell'opera di Galileo fu la sua insistenza sull'importanza di sottoporre le ipotesi a controllo sperimentale. Anche questo può sembrare ovvio per lo scienziato moderno, ma al tempo in cui operava Galileo la sperimentazione non era universalmente considerata come un mezzo affidabile per acquisire conoscenza. La sua enfasi sul controllo sperimentale segna l'inizio di un approccio empirico allo studio della natura che continua fino ai nostri giorni.

Il periodo successivo alla morte di Galileo vide la progressiva accelerazione della rivoluzione scientifica. Il filosofo, matematico e scienziato francese Cartesio (1595-1650) elaborò una «filosofia meccanicistica» del tutto nuova, in accordo alla quale il mondo fisico consiste semplicemente di particelle inerti di materia, che interagiscono e collidono le une con le altre. Cartesio riteneva che le leggi che governano il moto di queste particelle, o «corpuscoli», aprissero la via alla comprensione della struttura del-

'They were seen to fall evenly.'

Figura 2.

Illustrazione del mitico esperimento di Galileo, sulla velocità degli oggetti lanciati dalla Torre di Pisa.

l'universo copernicano. La filosofia meccanicistica prometteva di spiegare tutti i fenomeni osservabili nei termini del moto di questi corpuscoli inerti e non sensibili, e diventò presto la visione scientifica dominante della seconda parte del Seicento – ed entro certi limiti essa ci accompagna ancora oggi. Versioni di questa filosofia furono adottate da illustri studiosi, tra cui Huygens, Gassendi, Hooke, Boyle, e la sua ampia diffusione segnò la caduta finale della visione del mondo aristotelica.

La rivoluzione scientifica culminò nell'opera di Isaac Newton (1643-1727), le cui conquiste sono senza confronto nella storia della scienza. Il capolavoro di Newton fu il suo *Principî matematici della filosofia naturale*, pubblicato nel 1687. Newton era d'accordo con i filosofi meccanicisti nel considerare l'universo come consistente semplicemente di particelle in movimento, ma desiderava migliorare le leggi e le regole di Cartesio circa il movimento e la collisione di queste ultime. Il risultato fu una teoria dinamica e meccanica di grande forza, basata sulle tre leggi del moto di Newton e sul suo famoso principio di gravitazione universale. Questo principio afferma che ogni corpo nell'universo esercita un'attrazione su ogni altro corpo; la forza di attrazione tra due corpi dipende dal prodotto delle loro masse e dal quadrato della loro distanza. Le leggi del moto specificano allora in che modo questa forza gravitazionale agisce sul movimento dei corpi. Newton elaborò questa teoria con grande precisione e rigore, inventando la tecnica matematica che oggi chiamiamo «analisi infinitesimale». Di grande rilievo fu anche il fatto che Newton fu in grado di mostrare come le leggi di Keplero del moto planetario e le leggi della caduta libera di Galileo fossero (con alcune modifiche minori) una conseguenza logica delle proprie leggi del moto e della gravità. In altri termini, le stesse leggi erano in grado di spiegare il moto tanto nel dominio celeste che in quello terrestre, e vennero formulate da Newton in forma precisa e quantitativa.

La fisica newtoniana rappresentò il quadro di riferimento per la scienza dei successivi duecento anni, rimpiazzando rapidamente quella cartesiana. La fiducia nel pensiero scientifico crebbe rapidamente in questo periodo,

soprattutto a causa del successo della teoria di Newton, che fu generalmente considerata come la rivelazione del vero modo in cui funziona la realtà, in grado, almeno in linea di principio, di spiegare ogni cosa. Furono effettuati tentativi dettagliati di estendere lo stile esplicativo newtoniano a un numero sempre piú grande di fenomeni. Tanto il Settecento quanto l'Ottocento videro notevoli progressi scientifici, soprattutto nello studio della chimica, dell'ottica, dell'energia, della termodinamica e dell'elettromagnetismo, ma nella maggior parte dei casi questi sviluppi vennero considerati come interni a una concezione dell'universo in senso lato newtoniana. Gli scienziati consideravano la visione di Newton come essenzialmente corretta; tutto quel che restava da fare era completarne i dettagli.

La fiducia nell'immagine newtoniana venne scossa nei primi anni del XX secolo, a causa di due nuovi sviluppi rivoluzionari della fisica: la relatività e la meccanica quantistica. La teoria della relatività, scoperta da Einstein, mostrò che la meccanica newtoniana non dà risultati corretti quando si applica a oggetti molto grandi o che si muovono a grande velocità. La meccanica quantistica, di converso, mostrò che la teoria newtoniana non funziona quando la si applica a una scala molto piccola, alle particelle subatomiche. Sia la relatività che la meccanica quantistica, e soprattutto la seconda, sono teorie molto strane e radicali, che avanzano tesi circa la natura della realtà che molti trovano difficili da accettare, e addirittura da capire. La loro comparsa causò grandi ripercussioni nella fisica, che continuano fino a oggi.

Il nostro breve racconto della storia della scienza si è soffermato finora soprattutto sulla fisica, e non per caso, dato che essa è storicamente molto importante ed è in un certo senso la piú fondamentale di tutte le discipline scientifiche, dato che gli oggetti che sono studiati dalle altre scienze sono costituiti essi stessi da entità fisiche. Consideriamo per esempio la botanica. Essa studia le piante, le quali sono in ultima analisi costituite da molecole e atomi, che sono particelle fisiche. Quindi la botanica è ovviamente meno fondamentale della fisica – sebbene questo non significhi che sia meno importante. Questo è un punto su cui

torneremo nel terzo capitolo. Tuttavia, anche la descrizione piú sintetica delle origini della scienza moderna sarebbe incompleta se omettesse del tutto un riferimento alle scienze non fisiche.

In biologia, l'evento principale è la scoperta da parte di Charles Darwin della teoria dell'evoluzione per selezione naturale, pubblicata nel 1859 ne *L'origine delle specie*. Fino ad allora l'opinione prevalente era che le diverse specie fossero state create separatamente da Dio, secondo l'insegnamento del libro della Genesi. Ma Darwin argomentò che le specie contemporanee si sono di fatto evolute da specie ancestrali, attraverso un processo noto come selezione naturale. La selezione naturale ha luogo quando alcuni organismi lasciano un numero maggiore di discendenti degli altri, in ragione delle loro caratteristiche fisiche. Se queste caratteristiche sono ereditate, col tempo la popolazione diverrà sempre meglio adattata al proprio ambiente. Per quanto semplice sia questo processo, argomentò Darwin, dopo un gran numero di generazioni può causare l'evoluzione di una specie in un'altra del tutto nuova. Le prove addotte da Darwin per la sua teoria furono cosí persuasive che all'inizio del XX secolo essa veniva accettata come l'ortodossia scientifica, malgrado una considerevole opposizione teologica (fig. 3). Lavori successivi hanno fornito notevoli conferme alla teoria di Darwin, che rappresenta la pietra angolare della visione biologica moderna.

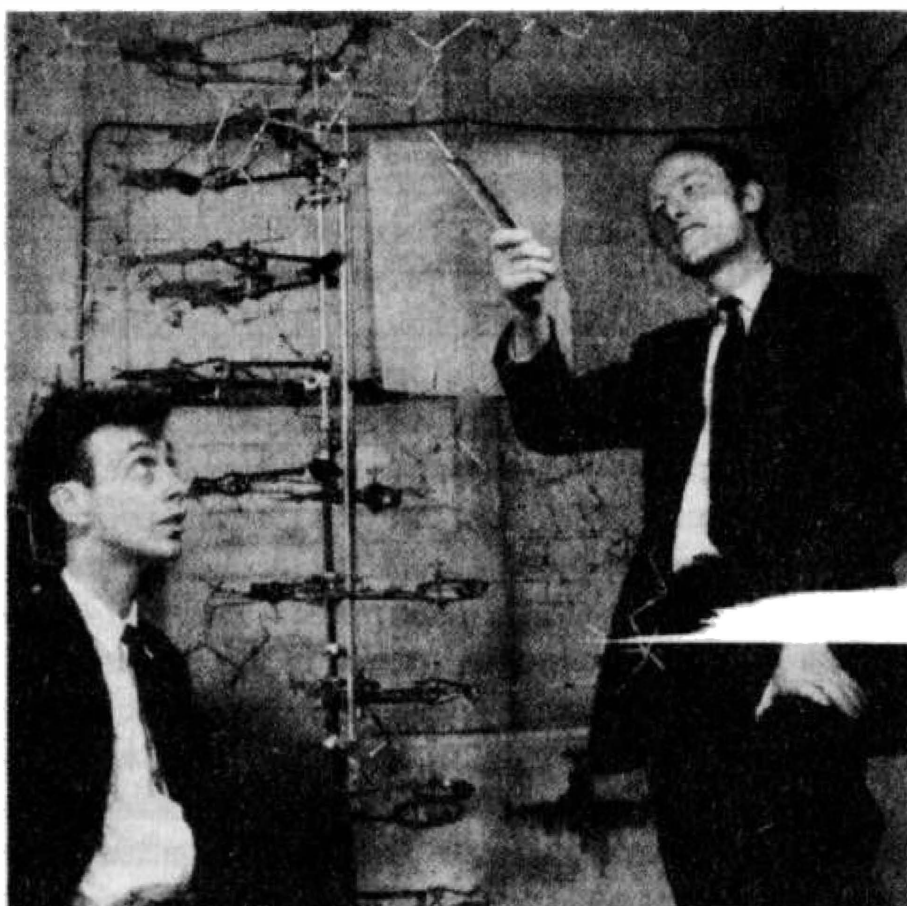
Il XX secolo fu testimone di un'altra rivoluzione in biologia, che non è ancora completa: l'emergere della biologia molecolare, in particolare della genetica molecolare. Nel 1953 Watson e Crick scoprirono la struttura del DNA, il materiale ereditario che costituisce i geni nelle cellule delle creature viventi (fig. 4). La scoperta di Watson e Crick mostrò in che modo l'informazione genetica può essere copiata da una cellula all'altra, e quindi trasmessa dai genitori alla propria prole, spiegando cosí perché quest'ultima assomigli ai genitori. Questa scoperta aprí una nuova e appassionante area della ricerca biologica. Nei cinquant'anni trascorsi dall'opera di Watson e Crick, la biologia molecolare ha avuto una rapida crescita, e ha trasformato la nostra comprensione dell'ereditarietà e del modo in cui i geni co-

struiscono gli organismi. Il tentativo recente di fornire una descrizione di livello molecolare dell'insieme completo dei geni umani, noto come Progetto Genoma Umano, è un segnale di quanta strada abbia percorso la biologia molecolare. Il XXI secolo vedrà ulteriori e avvincenti sviluppi in questo campo.

Negli ultimi cento anni sono state dedicate alla ricerca scientifica piú risorse che in qualunque epoca del passato. Tra i risultati possiamo annoverare l'esplosione del numero delle nuove discipline scientifiche, come l'informatica, l'intelligenza artificiale, la linguistica e la neuroscienza. Forse l'evento piú significativo degli ultimi trent'anni è lo svilup-

Figura 3.
L'idea di Darwin che gli esseri umani e le scimmie derivassero da un antenato comune causò costernazione nell'Inghilterra vittoriana.

po della scienza cognitiva, che studia i vari aspetti della cognizione umana, quali percezione, memoria, apprendimento e ragionamento, e ha trasformato la psicologia tradizionale. Gran parte dell'impatto della scienza cognitiva deriva dall'idea che la mente umana sia simile in qualche misura a un computer, e che di conseguenza si possono comprendere i processi mentali umani confrontandoli con le operazioni effettuate da un calcolatore. La scienza cognitiva è ancora in uno stadio infantile, ma già promette di rivelare molto circa il funzionamento della mente. Anche le scienze sociali, specie l'economia e la sociologia, si sono sviluppate nel XX secolo, sebbene siano numerosi coloro che ritengono che esse siano ancora in ritardo rispetto alle scienze naturali, in termini di rigore e sofisticatezza. Si tratta di un tema su cui torneremo nel settimo capitolo.

Figura 4.
James Watson e Francis Crick con la famosa «doppia elica», il loro modello molecolare della struttura del DNA, scoperto nel 1953.

2. *Che cos'è la filosofia della scienza?*

Lo scopo principale della filosofia della scienza è analizzare i metodi d'indagine usati nelle varie scienze. Ci si potrebbe chiedere come mai questo scopo debba essere perseguito dai filosofi invece che dagli stessi scienziati, e si tratta di una buona domanda. Parte della risposta è che guardare alla scienza da una prospettiva filosofica ci permette di investigare piú a fondo – di mettere a nudo assunzioni che sono implicite nella pratica scientifica, ma che gli scienziati non discutono esplicitamente. Per fare un esempio, consideriamo gli esperimenti scientifici. Supponiamo che uno scienziato compia un esperimento e ottenga un particolare risultato. Egli ripete l'esperimento per un certo numero di volte, e continua a ottenere lo stesso risultato. Dopo di che egli probabilmente si fermerà, fiducioso che se continuasse a ripetere l'esperimento esattamente nelle stesse condizioni il risultato resterebbe il medesimo. Questa potrebbe apparire un'assunzione ovvia, ma come filosofi vogliamo metterla in discussione: *perché* assumere che le ripetizioni future dell'esperimento condurranno allo stesso risultato? Come facciamo a sapere che è vero? È poco probabile che lo scienziato sia disposto a interrogarsi a lungo su questa strana questione; egli ha cose migliori da fare. Si tratta di problemi essenzialmente filosofici sui quali torneremo nel prossimo capitolo.

Cosí, parte del lavoro della filosofia della scienza è mettere in discussione assunzioni che gli scienziati danno per scontate; ma sarebbe sbagliato concludere che gli scienziati stessi non discutono mai tematiche filosofiche. In realtà storicamente molti scienziati hanno giocato un ruolo importante nello sviluppo della filosofia della scienza: Cartesio, Newton ed Einstein ne sono illustri esempi. Ciascuno di loro era profondamente interessato alle questioni filosofiche riguardo al modo in cui la scienza dovrebbe procedere, al metodo d'indagine che dovrebbe adottare, a quanta fiducia dovremmo prestare a tale metodo, alla questione dell'esistenza di eventuali limiti alla conoscenza scientifica, e cosí via. Come vedremo, tali questioni sono ancora al

centro della filosofia della scienza contemporanea. Di conseguenza i temi che interessano i filosofi della scienza non sono «meramente filosofici»; al contrario, hanno conquistato l'attenzione di alcuni dei piú grandi scienziati in assoluto. Ciò detto, dobbiamo anche ammettere che molti scienziati oggi mostrano uno scarso interesse per la filosofia della scienza, e la conoscono poco. Se questo è certo un peccato, non dimostra però che le questioni filosofiche abbiano cessato di essere rilevanti. Si tratta piuttosto di una conseguenza della natura sempre piú specializzata della scienza, e della polarizzazione tra discipline scientifiche e umanistiche che caratterizza il sistema educativo moderno.

È possibile che vi stiate ancora chiedendo di che cosa si occupa esattamente la filosofia della scienza, dato che affermare che «studia i metodi della scienza» come abbiamo fatto in precedenza in realtà non dice molto. Invece che tentare di fornire una definizione piú informativa, procederemo direttamente considerando un tipico problema della filosofia della scienza.

3 *Scienza e pseudo-scienza.*

Ricordiamo la domanda da cui siamo partiti: che cos'è la scienza? Karl Popper, un autorevole filosofo della scienza del XX secolo pensava che il carattere fondamentale di una teoria scientifica è che deve essere falsificabile. Dire che una teoria è falsificabile non significa dire che è falsa, ma piuttosto che avanza delle predizioni definite, che possono essere confrontate con l'esperienza. Se queste predizioni si rivelano sbagliate, allora la teoria è falsificata, o confutata. Cosí una teoria falsificabile è qualcosa che potremmo scoprire essere falsa – che non è compatibile con ogni possibile corso dell'esperienza. Popper riteneva che alcune presunte teorie scientifiche non soddisfacessero questa condizione, e quindi non meritassero affatto il titolo di scienza; esse erano invece meri esempi di pseudo-scienza.

La psicoanalisi di Freud fu uno degli esempi di pseudoscienza preferiti da Popper. A suo parere la teoria freudiana poteva essere conciliata con qualsiasi scoperta empirica.

Dato un qualsiasi comportamento di un paziente, i seguaci di Freud erano in grado di fornirne una spiegazione nei termini della loro teoria – non avrebbero mai ammesso che quest'ultima era falsa. Popper illustrava questo punto con l'esempio seguente: immaginate un uomo che spinge un bambino dentro un fiume con l'intenzione di ucciderlo, e un altro che sacrifica la vita per salvarlo. I freudiani possono spiegare il comportamento di entrambi con la stessa facilità: il primo era represso, il secondo aveva raggiunto la sublimazione. Popper argomentò che per mezzo di concetti come repressione, sublimazione, desideri inconsci, la teoria di Freud poteva essere resa compatibile con qualsiasi dato clinico, ed era quindi non falsificabile.

Lo stesso era vero, affermò Popper, per la teoria della storia di Marx. Marx sostenne che, nelle varie società industriali diffuse nel mondo, il capitalismo avrebbe ceduto il passo al socialismo prima, e al comunismo poi. Ma, quando ciò non avvenne, invece di ammettere che la teoria di Marx era sbagliata, i marxisti inventarono spiegazioni *ad hoc*, volte a mostrare che quanto accadeva era in realtà perfettamente consistente con la loro teoria. Per esempio potevano sostenere che l'inevitabile progresso verso il comunismo era stato rallentato temporaneamente dall'avvento dello stato assistenziale, che aveva ammorbidito i proletari e indebolito il loro zelo rivoluzionario. In questo modo la teoria di Marx poteva essere resa compatibile con ogni possibile corso di eventi, proprio come quella di Freud. Di conseguenza, secondo Popper, nessuna delle due si qualifica come genuinamente scientifica.

Popper contrapponeva le teorie di Freud e di Marx alla teoria della gravitazione di Einstein, nota anche come teoria della relatività generale. A differenza delle teorie di Freud e di Marx, la teoria di Einstein faceva una previsione molto definita: i raggi luminosi provenienti da stelle lontane sarebbero stati deviati dal campo gravitazionale del sole. Normalmente questo effetto sarebbe impossibile da osservare – eccetto che durante un'eclissi di sole. Nel 1919 l'astrofisico inglese sir Arthur Eddington organizzò due spedizioni per osservare l'eclissi di sole di quell'anno, una in Brasile e l'altra nell'isola di Principe, al largo della costa

atlantica dell'Africa, allo scopo di mettere alla prova le previsioni einsteiniane. Le spedizioni mostrarono che in effetti la luce stellare veniva deviata dal sole, in modo quasi perfettamente coincidente con quanto predetto da Einstein. Popper fu molto impressionato da ciò: la teoria di Einstein aveva fatto una predizione definita e precisa, che era stata confermata dalle osservazioni. Se fosse risultato che la luce stellare non era deviata dal sole, ciò avrebbe mostrato che Einstein era in errore. Quindi la sua teoria soddisfaceva il criterio della falsificabilità.

Il tentativo di Popper di demarcare la scienza dalla pseudo-scienza è intuitivamente molto plausibile: c'è certamente qualcosa che non va in una teoria che si può rendere compatibile con qualsiasi dato empirico. Ma alcuni filosofi considerano il criterio di Popper come troppo semplicistico. Popper criticò freudiani e marxisti perché offrivano comunque una spiegazione di ogni dato in apparente conflitto con le proprie teorie, invece di ammetterne la confutazione. Una procedura simile sembra certamente sospetta; tuttavia ci sono elementi che inducono a ritenere che proprio questo è il modo di procedere ordinario adottato da scienziati «rispettabili» – che Popper non avrebbe voluto accusare di praticare la pseudo-scienza – e che ha condotto a scoperte scientifiche importanti.

Un altro esempio astronomico può illustrare questo punto. La teoria della gravitazione di Newton, che abbiamo incontrato in precedenza, prediceva il cammino che i pianeti percorrono nella loro orbita intorno al sole. Per la maggior parte, queste predizioni furono confermate dall'osservazione; tuttavia l'orbita di Urano effettivamente osservata si discostava in modo considerevole da quanto previsto dalla teoria di Newton. Questo enigma venne risolto nel 1846 dal lavoro indipendente di due scienziati, Adams in Inghilterra e Leverrier in Francia. Essi suggerirono che esisteva un altro pianeta, non ancora scoperto, che esercitava una forza gravitazionale aggiuntiva su Urano. Adams e Leverrier furono in grado di calcolare la massa e la posizione che questo pianeta avrebbe dovuto avere perché la sua forza gravitazionale fosse effettivamente responsabile dello strano comportamento di Urano, e poco tempo dopo

il pianeta Nettuno fu effettivamente scoperto, quasi esattamente nella posizione prevista da Adams e Leverrier.

Ora, è chiaro che non possiamo criticare l'atteggiamento di questi ultimi come non scientifico – dopo tutto condusse alla scoperta di un nuovo pianeta. Ma essi fecero esattamente quello che Popper accusava i marxisti di fare: iniziarono con una teoria – la teoria della gravitazione di Newton – che faceva una predizione scorretta circa l'orbita di Urano. Invece di concludere che tale teoria era sbagliata, essi le restarono fedeli, e cercarono di spiegare le osservazioni in conflitto con essa postulando un nuovo pianeta. Nello stesso modo, quando il capitalismo non diede alcun segno di cedere il passo al comunismo, i marxisti non ne conclusero che la teoria di Marx era sbagliata, ma le restarono fedeli, e cercarono di render conto delle osservazioni in conflitto con essa in altro modo. Non è quindi ingiusto accusare i marxisti di praticare la pseudo-scienza, se ammettiamo che ciò che fecero Adams e Leverrier fu un caso esemplare di buona scienza?

Ciò suggerisce che il tentativo di Popper di demarcare la scienza dalla pseudo-scienza non può essere completamente nel giusto, malgrado la sua plausibilità iniziale, dato che l'esempio di Adams e Leverrier non è affatto atipico. In generale, gli scienziati non abbandonano le loro teorie appena queste entrano in conflitto con i dati osservativi. Di solito cercano dei modi per eliminare il conflitto senza rinunciare alle loro teorie; questo è un punto su cui torneremo nel quinto capitolo. E vale la pena di osservare che in pratica ogni teoria nella scienza è in conflitto con qualche osservazione – è veramente difficile trovare una teoria che concordi con tutti i dati. È ovvio che se una teoria continua a essere in contrasto con un numero crescente di dati, senza che emerga un modo per risolvere il conflitto, si giungerà alla fine al suo abbandono. Ma ci sarebbero ben pochi progressi se gli scienziati abbandonassero semplicemente le proprie teorie al primo segnale di un problema.

Il fallimento del criterio di demarcazione di Popper solleva una questione importante: è possibile trovare qualche caratteristica comune condivisa da tutto ciò che chiamiamo «scienza», e non condivisa da nient'altro? Popper as-

sumeva che la risposta fosse positiva. Egli sentiva che le teorie di Freud e di Marx erano chiaramente non scientifiche, e che quindi mancassero di qualche carattere che le teorie scientifiche genuine possiedono. Ma, che noi si accetti o meno il giudizio negativo di Popper su Freud e Marx, la sua assunzione secondo cui la scienza ha una «natura essenziale» è discutibile. Dopo tutto la scienza è un'attività eterogenea, che circoscrive un ampio ambito di discipline e teorie diverse. Può darsi che esse condividano un qualche insieme prefissato di caratteri che definiscono cosa è scienza, ma può darsi di no. Il filosofo Ludwig Wittgenstein argomentò che non esiste un insieme prefissato di caratteristiche che definisce che cosa è un «gioco»; al contrario c'è un vago agglomerato di caratteri, la maggioranza dei quali è posseduto dalla maggioranza dei giochi. Ma ogni gioco particolare può essere privo di qualche caratteristica compresa nell'agglomerato ed essere nonostante ciò un gioco. Lo stesso potrebbe essere vero della scienza; e se è così, è improbabile che si possa trovare un criterio semplice per demarcare la scienza dalla pseudo-scienza.

Capitolo secondo
Il ragionamento scientifico

Gli scienziati ci raccontano spesso cose sul mondo a cui non avremmo altrimenti creduto. Per esempio, i biologi ci insegnano che siamo parenti stretti degli scimpanzé, i geologi che l'Africa e il Sud America un tempo erano uniti, e i cosmologi che l'universo si sta espandendo. Ma come fanno gli scienziati a raggiungere queste conclusioni, cosí apparentemente implausibili? Dopo tutto, nessuno ha mai visto una specie evolvere in un'altra, o un unico continente dividersi in due, o l'universo diventare via via piú grande. La risposta è ovviamente che gli scienziati sono arrivati a queste credenze attraverso un processo di ragionamento e inferenza. Qual è la natura esatta del ragionamento scientifico? E quanta fiducia dovremmo riporre nelle inferenze avanzate dagli scienziati? Ecco gli argomenti di questo capitolo.

1. *Deduzione e induzione*.

I logici fanno una distinzione importante tra gli schemi di ragionamento deduttivi e induttivi. Un esempio di un ragionamento deduttivo, o inferenza deduttiva, è il seguente:

> Tutti i francesi amano il vino rosso
> Pierre è francese
> ___
> Pierre ama il vino rosso

I primi due enunciati sono chiamati premesse dell'inferenza, mentre il terzo è detto conclusione. Si tratta di

un'inferenza deduttiva perché possiede la seguente proprietà: se le premesse sono vere, allora anche la conclusione deve essere vera. In altri termini, se è vero che tutti i francesi amano il vino rosso, e se è vero che Pierre è francese, allora ne segue che è vero che Pierre ama il vino rosso. Ciò è espresso talvolta dicendo che le premesse dell'inferenza implicano logicamente la conclusione. Naturalmente le premesse di questa inferenza quasi certamente non sono vere – ci sono molti francesi che non amano il vino rosso. Ma non è questo il punto: quello che rende deduttiva l'inferenza è la presenza di una relazione appropriata tra premesse e conclusione, e cioè che se le premesse sono vere, deve esserlo anche la conclusione. Se le premesse sono effettivamente vere o meno è un'altra questione che non influenza lo status deduttivo dell'inferenza.

Non tutte le inferenze sono deduttive. Consideriamo l'esempio seguente:

> Le prime cinque uova della scatola da sei erano marce
> Su tutte le uova è stampata la stessa data di scadenza
> ———————————————————
> Anche il sesto uovo sarà marcio

Questo sembra un esempio di ragionamento perfettamente accettabile, ma nondimeno non è un ragionamento deduttivo, dato che le premesse non implicano logicamente la conclusione. Anche se le prime cinque uova erano davvero marce, e anche se la stessa data di scadenza è stampata su tutte le uova, questo non ci garantisce che anche il sesto uovo sarà marcio. È perfettamente concepibile che il sesto uovo sia del tutto sano. In altri termini, è logicamente possibile che le premesse di questa inferenza siano vere e la conclusione falsa; quindi l'inferenza non è deduttiva. Essa è nota invece come inferenza induttiva. Nell'inferenza induttiva, o ragionamento induttivo, ci muoviamo da premesse su oggetti che abbiamo esaminato a conclusioni su oggetti che non abbiamo esaminato – nel nostro esempio, uova.

Il ragionamento deduttivo è un'attività molto piú sicura del ragionamento induttivo. Quando ragioniamo deduttivamente possiamo esser certi che se partiamo con

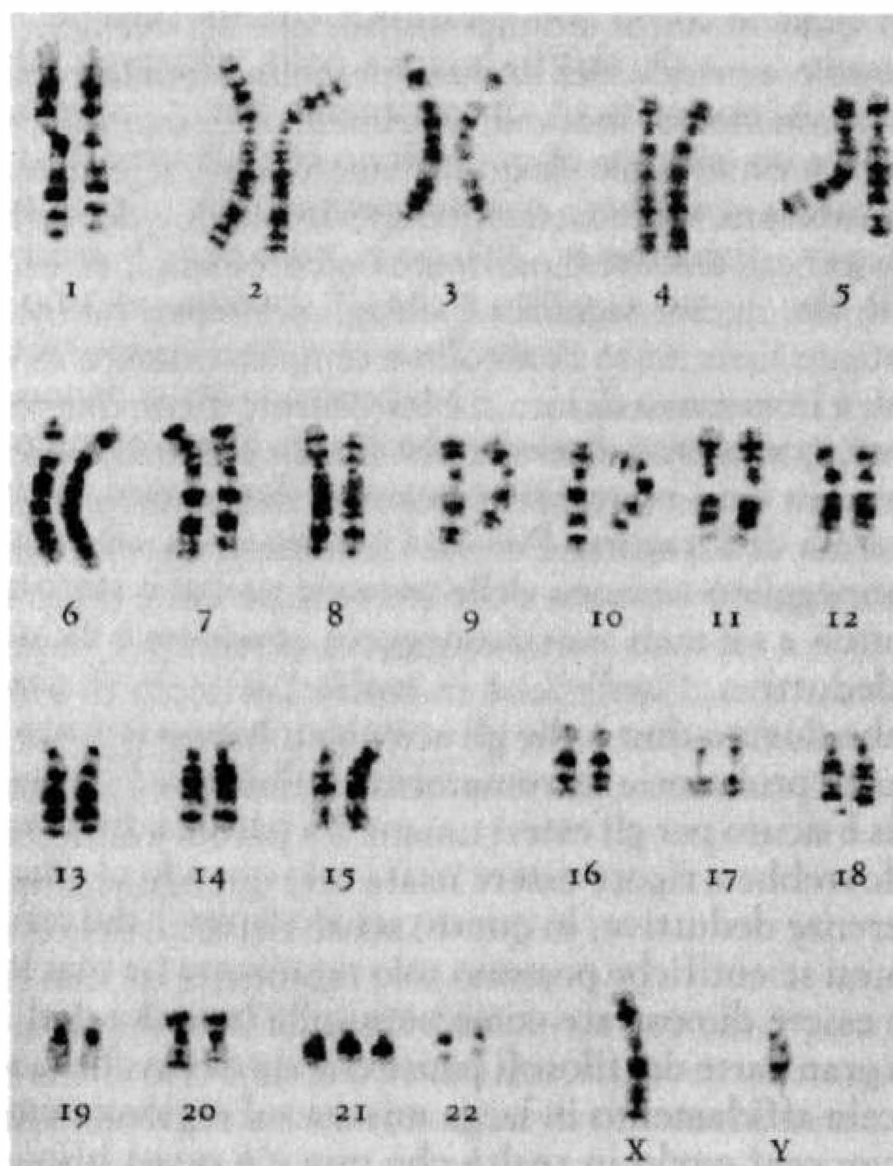
premesse vere arriveremo a conclusioni vere, ma lo stesso non vale per il ragionamento induttivo. Al contrario, il ragionamento induttivo è del tutto in grado di condurci da premesse vere a conclusioni false. Malgrado questo difetto, sembra proprio che noi ci affidiamo al ragionamento induttivo in ogni ambito della nostra vita, spesso senza neanche pensarci. Per esempio, quando accendete il computer la mattina, siete convinti che non vi esploderà in faccia. Perché? Perché lo accendete tutte le mattine e non vi è mai esploso in faccia finora. Ma l'inferenza da «finora il mio computer non mi è mai esploso in faccia quando l'ho acceso» a «il mio computer non mi esploderà in faccia quando lo accenderò questa volta» è induttiva, non deduttiva: la sua premessa non implica logicamente la conclusione. È logicamente possibile che il computer esploda questa volta, anche se non lo ha mai fatto prima.

È facile trovare altri esempi di ragionamento induttivo nella vita quotidiana. Quando girate il volante della macchina in senso antiorario vi aspettate che essa andrà a sinistra e non a destra. Ogni volta che guidate nel traffico voi mettete effettivamente in gioco la vostra vita sulla base di questa assunzione. Ma cosa vi rende cosí sicuri? Se qualcuno vi chiedesse di giustificare la vostra convinzione che cosa rispondereste? A meno che non siate un meccanico, probabilmente la vostra replica sarebbe: «Ogni volta che ho girato il volante in senso antiorario nel passato, la macchina è andata a sinistra. Perciò lo stesso capiterà anche questa volta, se giro il volante nella stessa direzione». Anche in questo caso, questa è un'inferenza induttiva, non deduttiva. Il ragionamento induttivo appare come una componente indispensabile della vita di ogni giorno.

Anche gli scienziati usano il ragionamento induttivo? La risposta sembra positiva. Consideriamo la malattia genetica nota come sindrome di Down (SD per brevità). I genetisti ci dicono che coloro che soffrono di SD hanno un cromosoma aggiuntivo – hanno 47 cromosomi, invece dei normali 46 (fig. 5). Come fanno a saperlo? La risposta, naturalmente, è che hanno esaminato un gran numero di persone sofferenti di SD e scoperto che ognuna di loro possedeva un cromosoma aggiuntivo. Poi hanno ragionato in-

duttivamente e sono arrivati alla conclusione che tutti coloro che soffrono di SD, compreso chi non era mai stato esaminato, hanno un cromosoma aggiuntivo. È facile vedere che si tratta di un'inferenza induttiva: il fatto che i sofferenti di SD nel campione esaminato avessero 47 cromosomi non dimostra che questo vale per tutti coloro che soffrono di SD. È possibile, anche se non probabile, che il campione non fosse rappresentativo.

Figura 5.

Una rappresentazione dell'insieme completo di cromosomi – o cariotipo – di una persona affetta da sindrome di Down. Ci sono tre copie del cromosoma 21, al contrario delle due copie che si ritrovano nella maggioranza delle persone, per un totale di 47 cromosomi.

Questo non è affatto un esempio isolato. In effetti, gli scienziati fanno ricorso al ragionamento induttivo ogni volta che passano da dati limitati a conclusioni piú generali, il che avviene in continuazione. Consideriamo, per esempio, il principio della gravitazione universale di Newton, che abbiamo incontrato nel capitolo precedente, il quale dice che ogni corpo nell'universo esercita un'attrazione gravitazionale su ogni altro corpo. Ora, è ovvio che Newton non è arrivato alle sue conclusioni esaminando ogni singolo corpo dell'intero universo – questo non era possibile. Piuttosto egli vide che il principio valeva per i pianeti e il sole, e per vari generi di oggetti che si muovono sulla superficie della terra. Da questi dati egli trasse l'inferenza che il principio era vero per tutti i corpi. Anche in questo caso, l'inferenza è chiaramente induttiva: il fatto che il principio di Newton sia vero per qualche corpo non garantisce che sia vero per tutti.

Il ruolo centrale dell'induzione nella scienza è talvolta nascosto dal nostro modo di esprimerci. Per esempio, si può leggere su un articolo di quotidiano che gli scienziati hanno trovato una «dimostrazione sperimentale» del fatto che il mais geneticamente modificato è sicuro per gli esseri umani. Ciò che questo significa è che gli scienziati hanno somministrato mais sotto controllo a un gran numero di esseri umani, e in nessuno di loro si è riscontrato alcun danno. Ma, a rigore, questo non *dimostra* che il mais è sicuro, nello stesso senso in cui i matematici possono dimostrare, diciamo, il teorema di Pitagora. Perché l'inferenza da «il mais non ha danneggiato nessuna delle persone su cui è stato sperimentato» a «il mais non danneggerà nessuno» è induttiva, non deduttiva. Quello che in realtà l'articolo di giornale avrebbe dovuto dire è che gli scienziati hanno trovato delle evidenze probatorie estremamente valide per l'ipotesi che il mais è sicuro per gli esseri umani. La parola «dimostrazione» dovrebbe a rigore essere usata solo quando ci riferiamo a inferenze deduttive; in questo senso ristretto del termine, le ipotesi scientifiche possono solo raramente (se mai lo possono) essere dimostrate come vere sulla base dei dati.

La gran parte dei filosofi pensa che sia ovvio che la scienza faccia affidamento in larga misura sul ragionamento induttivo; cosí ovvio in realtà che non c'è quasi bisogno di

argomenti in questo senso. Ma – cosa degna di nota – questo venne negato da Karl Popper, da noi incontrato nel capitolo scorso. Secondo Popper gli scienziati hanno bisogno di usare soltanto inferenze deduttive; il che sarebbe un bene, se fosse vero, dato che le inferenze deduttive sono piú sicure di quelle induttive, come abbiamo visto.

L'argomento fondamentale di Popper è il seguente: sebbene non sia possibile dimostrare che una teoria scientifica è vera a partire da un campione di dati limitati, è possibile dimostrare che è falsa. Supponiamo che uno scienziato stia valutando la teoria secondo cui ogni pezzo di metallo conduce l'elettricità. Anche se ogni pezzo di metallo che esamina è un condutture elettrico, questo non dimostra che la teoria sia vera, per le ragioni che abbiamo visto in precedenza. Ma se si trova anche un solo pezzo di metallo che non conduce l'elettricità, ciò dimostra che la teoria è falsa, dato che l'inferenza da «questo pezzo di metallo non conduce l'elettricità» a «è falso che tutti i pezzi di metallo conducono l'elettricità» è deduttiva – la premessa implica logicamente la conclusione. Cosí se uno scienziato è interessato soltanto a dimostrare che una data teoria è falsa può raggiungere il proprio scopo senza far ricorso a inferenze induttive.

La debolezza dell'argomento di Popper è ovvia: gli scienziati non sono interessati soltanto a mostrare che certe teorie sono false; quando uno scienziato raccoglie dati sperimentali può ben essere vero che il suo scopo è mostrare la falsità di una particolare teoria – magari quella del suo arcirivale. Ma, molto piú probabilmente, sta cercando di convincere gli altri che la sua personale teoria è vera. E per farlo deve ricorrere a qualche sorta di ragionamento induttivo. Quindi il tentativo di Popper di mostrare che la scienza può fare a meno dell'induzione non ha successo.

2. *Il problema di Hume*.

Sebbene il ragionamento induttivo non sia logicamente inviolabile, esso sembra comunque un modo perfettamente ragionevole di formare credenze sul mondo. Il fatto che il sole sia sorto ogni giorno fino a oggi può non essere suffi-

ciente a dimostrare che sorgerà domani, ma certamente ci offre un'ottima ragione per pensare che lo farà. Se incontraste qualcuno che dichiarasse di essere del tutto agnostico circa il sorgere o il non sorgere del sole domani, lo considerereste un individuo molto strano, se non irrazionale.

Ma cosa giustifica la nostra fede nell'induzione? Come potremmo convincere chi rifiutasse di ragionare induttivamente che ha torto? Il filosofo scozzese del settecento, David Hume (1711-76) diede una risposta semplice e radicale a questa domanda, argomentando che il principio di induzione non può affatto essere giustificato razionalmente. Hume ammetteva che usiamo continuamente l'induzione nella vita quotidiana e nella scienza, ma insisteva nel sostenere che si tratta di una mera abitudine animale. Egli pensava che, sfidati a fornire una buona ragione per l'uso dell'induzione, non avremmo saputo dare una risposta soddisfacente.

Come giunse Hume a questa conclusione cosí sorprendente? Egli iniziò a notare che, ogni volta che compiamo delle inferenze induttive, noi sembriamo presupporre ciò che chiamò «l'uniformità della natura» (UN). Per capire che cosa intendeva, ricordiamo alcune delle inferenze induttive incontrate nella sezione precedente. Avevamo inferenze da «finora il mio computer non mi è mai esploso in faccia» a «il mio computer non mi esploderà in faccia oggi», da «tutti coloro che soffrono di SD che abbiamo esaminato hanno un cromosoma aggiuntivo» a «tutti coloro che soffrono di SD hanno un cromosoma aggiuntivo», da «tutti i corpi esaminati finora obbediscono alla legge di gravitazione di Newton» a «tutti i corpi obbediscono alla legge di gravitazione di Newton», e cosí via. In ognuno di questi casi, il nostro ragionamento sembra dipendere dall'assunzione che gli oggetti che non abbiamo ancora esaminato saranno simili, negli aspetti rilevanti, agli oggetti dello stesso tipo che abbiamo esaminato. Questa assunzione è ciò che Hume intendeva parlando di uniformità della natura.

Ma come sappiamo, chiede Hume, che l'assunzione di UN è effettivamente vera? Possiamo dimostrarlo, nel senso stretto di dimostrare? La risposta di Hume è negativa,

dato che è facile immaginare un universo in cui la natura non è uniforme, ma cambia il suo corso a caso da un giorno all'altro. In un simile universo i calcolatori qualche volta possono esplodere senza una ragione, l'acqua può intossicarci senza un avvertimento, le palle da biliardo si arrestano improvvisamente dopo le collisioni, e cosí via. Dato che un simile universo non uniforme è concepibile, ne segue che non possiamo dimostrare in senso stretto la verità di UN; infatti, se potessimo dimostrarne la verità, allora l'universo non uniforme sarebbe logicamente impossibile.

Ammesso che non possiamo dimostrare UN, potremmo comunque sperare di trovare buone evidenze empiriche della sua verità. Dopo tutto, il fatto che UN è sempre stata vera finora non ci offre forse una buona ragione per pensare che sia vera? Ma questo argomento è circolare, afferma Hume, dato che è esso stesso un argomento induttivo, e quindi dipende a sua volta dall'assunzione di UN. Un argomento che assume UN fin dal principio non può chiaramente essere usato per mostrare che UN è vera. Altrimenti detto: è certamente un fatto acquisito che la natura si è comportata finora in modo uniforme. Ma non possiamo appellarci a questo fatto per argomentare che la natura continuerà a essere uniforme, perché ciò presuppone che ciò che è avvenuto nel passato sia una guida affidabile a ciò che avverrà nel futuro – e questa *è* l'assunzione dell'uniformità della natura. Se cerchiamo di argomentare in favore di UN su basi empiriche, cadiamo in un ragionamento circolare.

La forza dell'argomento di Hume può essere apprezzata immaginando in che modo potremmo cercare di persuadere qualcuno che non si fida del ragionamento induttivo ad adottarlo. Probabilmente diremmo qualcosa come: «Senti, il ragionamento induttivo ha funzionato piuttosto bene finora. Grazie all'induzione gli scienziati hanno scisso l'atomo, permesso all'uomo di sbarcare sulla luna, inventato i calcolatori e cosí via. Al contrario, le persone che non hanno usato l'induzione sono andate incontro a morti assurde. Hanno bevuto arsenico convinti che li avrebbe nutriti, sono saltati da alti edifici convinti di volare e cosí via (fig. 6). Quindi ti conviene certamente ragionare in modo induttivo». Ma è chiaro che questo non convincerebbe il dubbio-

so, perché affermare che l'induzione è affidabile in quanto ha funzionato finora è ragionare in modo induttivo. Un argomento di questo tipo non ha alcuna forza su chi non ha già fiducia nell'induzione. Questo è il punto fondamentale di Hume.

Cosí la situazione è questa: Hume mette in luce che le nostre inferenze induttive si basano sull'assunzione di UN. Ma non possiamo dimostrare che UN è vera, né possiamo addurre evidenze empiriche per la sua verità, senza circolarità. Cosí le nostre inferenze induttive si basano su assunzioni riguardo al mondo per le quali non abbiamo buone ragioni. Hume conclude che la nostra fiducia sull'indu-

Figura 6.
Ciò che succede a chi non si fida dell'induzione.

zione si basa su una fede cieca – non ammette nessun tipo di giustificazione razionale.

Questo argomento intrigante ha esercitato una grande influenza sulla filosofia della scienza, e continua a farlo anche oggi. (Il tentativo fallito di Popper di mostrare che gli scienziati hanno bisogno di usare solo inferenze deduttive era motivato dalla sua convinzione che Hume avesse mostrato la totale irrazionalità del ragionamento induttivo). Non è difficile capire la ragione di tale influenza; noi infatti pensiamo normalmente alla scienza come al paradigma massimo dell'indagine razionale e attribuiamo grande credibilità a quello che gli scienziati ci dicono sul mondo. Ogni volta che viaggiamo in aeroplano, mettiamo la nostra vita nelle mani degli scienziati che lo hanno progettato. Ma la scienza si basa sull'induzione e l'argomento di Hume sembra mostrare che l'induzione non può essere giustificata razionalmente. Se Hume ha ragione, le fondamenta della scienza non sembrano affatto cosí solide come avremmo sperato. Questo sconcertante stato di cose è noto come il problema dell'induzione di Hume.

I filosofi hanno risposto al problema di Hume letteralmente in dozzine di modi; si tratta di un settore di ricerca ancora attivo al giorno d'oggi. Alcuni pensano che la chiave stia nel concetto di probabilità. Si tratta di un suggerimento piuttosto plausibile, dato che è naturale pensare che, sebbene le premesse di un'inferenza induttiva non garantiscono la verità della conclusione, la rendono però piú probabile. Cosí, anche se la conoscenza scientifica non può essere certa, può nondimeno essere altamente probabile. Questa risposta al problema di Hume, però, genera a sua volta difficoltà, e non è affatto condivisa in generale. Ci torneremo a tempo debito.

Un'altra soluzione popolare è ammettere che l'induzione non può essere giustificata razionalmente, ma sostenere che questo alla fin fine non è un gran problema. Come è possibile difendere una posizione simile? Alcuni filosofi hanno affermato che l'induzione è cosí fondamentale per il modo in cui pensiamo e ragioniamo che non è il tipo di cosa che può essere giustificata. Peter Strawson, un influente filosofo contemporaneo, ha difeso questa tesi con la seguente analo-

gia: se qualcuno si chiedesse se una certa azione è legale, potrebbe consultare i testi giuridici e confrontare l'azione con ciò che dicono. Ma supponiamo che qualcuno si chieda se la legge stessa è legale. Si tratterebbe di un dubbio molto strano, dato che la legge è lo standard sulla cui base si giudica la legalità di altre cose, ed è poco sensato chiedersi se lo standard medesimo è legale. Lo stesso si applica all'induzione, argomenta Strawson. L'induzione è uno degli standard che usiamo per decidere se certe affermazioni sul mondo sono giustificate. Per esempio, usiamo l'induzione per decidere se le dichiarazioni di un'azienda farmaceutica circa i sorprendenti benefici di un nuovo farmaco sono giustificate. È quindi poco sensato chiedersi se l'induzione stessa è giustificata.

Strawson ha avuto successo nel disinnescare il problema di Hume? Alcuni filosofi dicono di sí, altri di no, ma la maggior parte pensa che sia molto difficile concepire in che modo si potrebbe fornire una giustificazione soddisfacente dell'induzione. (Frank Ramsey, un filosofo degli anni Venti, affermava che chiedere una giustificazione dell'induzione era come chiedere la luna). Se si tratta di qualcosa che dovrebbe preoccuparci, o che dovrebbe scuotere la nostra fiducia nella scienza è una questione difficile, che il lettore dovrà valutare da solo.

3. *Inferenza verso la spiegazione migliore*.

Le inferenze induttive che abbiamo esaminato finora avevano tutte essenzialmente la stessa struttura: la premessa dell'inferenza aveva in ciascun caso la forma «tutti gli *x* esaminati finora sono stati *y*», e la conclusione aveva la forma «il prossimo *x* che sarà esaminato sarà *y*», o qualche volta «tutti gli *x* sono *y*». In altre parole, queste inferenze ci conducono da esempi di un certo tipo già presi in esame a esempi non esaminati.

Inferenze come queste sono usate ampiamente nella vita di ogni giorno e nella scienza, come abbiamo visto. Tuttavia c'è un altro tipo comune di inferenza non-deduttiva che non rientra in questo semplice schema. Si consideri il seguente esempio:

Il formaggio nella dispensa è scomparso, a parte poche briciole
La notte scorsa sono stati uditi rumori raschianti provenire dalla dispensa

---

Il formaggio è stato mangiato da un topo

È ovvio che questa è un'inferenza non deduttiva; le premesse non implicano logicamente le conclusioni, dato che il formaggio avrebbe potuto essere stato rubato dalla cameriera, che astutamente avrebbe potuto lasciare delle briciole per far sembrare il tutto opera di un topo (fig. 7). E i rumori raschianti avrebbero potuto essere causati da molte cose - magari da un surriscaldamento del boiler. Ciononostante l'inferenza è chiaramente ragionevole, visto che l'ipotesi che sia stato un topo a mangiare il formaggio sembra offrire una spiegazione dei dati migliore delle altre spie-

Figura 7.
Tanto l'ipotesi della cameriera quanto quella del topo possono spiegare la mancanza del formaggio.

gazioni alternative. Dopo tutto, le cameriere di norma non rubano il formaggio, e i boiler moderni non si surriscaldano. Al contrario, i topi normalmente mangiano il formaggio quando ne hanno l'opportunità, e tendono a fare suoni raschianti. Cosí, anche se non possiamo essere sicuri che l'ipotesi del topo sia vera, tutto considerato appare molto plausibile: è il modo migliore per render conto di tutti i dati disponibili.

Ragionamenti di questo tipo sono, per ovvie ragioni, noti come «inferenze verso la spiegazione migliore», o ISM per brevità. Ci sono confusioni terminologiche che riguardano la relazione tra ISM e induzione. Alcuni filosofi descrivono ISM come un tipo di inferenza induttiva; in effetti usano «inferenza induttiva» per indicare «ogni inferenza che non è deduttiva». Altri contrappongono ISM all'inferenza induttiva, come abbiamo fatto noi poco fa. Secondo questo modo di mettere le cose, «inferenza induttiva» è riservato alle inferenze della forma che abbiamo analizzato in precedenza, da esempi di un certo tipo già presi in esame a esempi non esaminati. ISM e inferenza induttiva sarebbero quindi due diversi tipi di inferenza non deduttiva. La scelta terminologica che preferiamo non ha conseguenze particolari, una volta che sia usata in modo consistente.

Gli scienziati ricorrono spesso a ISM. Per esempio, Darwin argomentò in favore della propria teoria dell'evoluzione richiamando l'attenzione su vari fatti circa il mondo vivente che sono difficili da spiegare se assumiamo che le specie attuali sono state create separatamente, ma che sono perfettamente comprensibili se le specie attuali sono derivate da antenati comuni, come sostiene la sua teoria. Per esempio, ci sono strette similarità anatomiche tra le gambe dei cavalli e quelle delle zebre. Come le spieghiamo se Dio ha creato separatamente cavalli e zebre? È presumibile che Egli avrebbe potuto fare le loro gambe tanto diverse quanto gli fosse piaciuto. Ma, se sia i cavalli sia le zebre discendono da un antenato recente comune, ecco fornita una spiegazione ovvia delle loro similarità anatomiche. Darwin sostenne che la capacità della propria teoria di spiegare fatti di questo tipo, e molti altri analoghi, costituiva una forte evidenza per la sua verità.

Un altro esempio di ISM è il famoso lavoro di Einstein sul moto browniano. Il moto browniano si riferisce al movimento caotico, zigzagante, di particelle microscopiche in sospensione in un liquido o in un gas. Esso venne scoperto nel 1827 dal botanico scozzese Robert Brown (1773-1858) mentre esaminava granelli di polline galleggianti nell'acqua. Un certo numero di tentativi di spiegazione del moto browniano vennero proposti nel corso dell'Ottocento. Una teoria attribuiva il moto all'attrazione elettrica tra le particelle, un'altra all'agitazione del suo ambiente esterno, e un'altra ancora a correnti di convezione nel liquido. La spiegazione corretta si basa sulla teoria cinetica della materia, che afferma che i liquidi e i gas sono composti da atomi o molecole in movimento. Le particelle in sospensione collidono con le molecole circostanti, causando il movimento irregolare e casuale che Brown aveva per primo osservato. Questa teoria fu proposta per la prima volta nel tardo Ottocento, ma non fu generalmente accettata, anche perché molti scienziati non credevano che atomi e molecole fossero reali entità fisiche. Ma nel 1905 Einstein offrí un ingegnoso trattamento matematico del moto browniano, effettuando molte precise predizioni quantitative che vennero poi confermate sperimentalmente. Dopo il lavoro di Einstein si convenne che la teoria cinetica forniva una spiegazione del moto browniano molto migliore delle sue alternative e lo scetticismo circa l'esistenza di atomi e molecole fu rapidamente superato.

Una questione interessante è quale sia tra ISM o l'induzione lo schema di inferenza piú fondamentale. Il filosofo Gilbert Harman ha sostenuto che è ISM. A suo parere, ogni volta che facciamo un'inferenza induttiva come «tutti i pezzi di metallo esaminati finora conducono l'elettricità, perciò tutti i pezzi di metallo sono conduttori di elettricità» stiamo implicitamente facendo appello a considerazioni esplicative. Assumiamo che la spiegazione corretta del perché i pezzi di metallo del nostro campione erano conduttori elettrici, qualunque essa sia, implica che tutti i pezzi di metallo saranno conduttori di elettricità; ecco perché abbiamo effettuato l'inferenza induttiva. Ma se credessimo, per esempio, che la spiegazione del perché i pezzi di

metallo del nostro campione erano conduttori elettrici fosse che un tecnico di laboratorio li aveva manipolati, non inferiremmo che tutti i pezzi di metallo sono conduttori elettrici. Chi propone questa posizione non nega che ci sia differenza tra ISM e induzione ordinaria – evidentemente c'è. Piuttosto pensa che l'induzione ordinaria dipenda da ISM.

Altri filosofi, tuttavia, affermano che le cose stanno all'opposto: è la stessa ISM che è dipendente dall'induzione ordinaria. Per esaminare le basi di questa posizione torniamo all'esempio del formaggio nella dispensa incontrato in precedenza. Perché consideriamo l'ipotesi del topo una spiegazione migliore dell'ipotesi della cameriera? Presumibilmente perché sappiamo che, di norma, le cameriere non rubano il formaggio, cosa che invece i topi fanno. Ma questa è una conoscenza che abbiamo raggiunto attraverso un ragionamento induttivo ordinario, basato sulla previa osservazione del comportamento di topi e cameriere. Cosí, secondo questa posizione, quando cerchiamo di capire quale gruppo di ipotesi in competizione fornisce la spiegazione migliore dei nostri dati, facciamo invariabilmente appello a una conoscenza che è stata acquisita attraverso l'induzione ordinaria. È quindi scorretto considerare ISM come un modo di inferenza piú fondamentale.

Qualunque sia la favorita tra queste posizioni opposte, c'è una questione che richiede chiaramente ulteriore attenzione. Se vogliamo usare ISM, abbiamo bisogno di qualche modo per decidere quale, tra le ipotesi in competizione, fornisce la spiegazione migliore dei dati. Ma quali sono i criteri che determinano ciò? Una risposta popolare è che la spiegazione migliore è la piú semplice e la piú parsimoniosa. Consideriamo ancora l'esempio del formaggio nella dispensa. Ci sono due ordini di dati da spiegare: il formaggio mancante e i rumori raschianti. L'ipotesi del topo postula una sola causa – un topo – per spiegare i due ordini di dati. Invece l'ipotesi della cameriera deve postulare due cause – una cameriera disonesta e un boiler surriscaldato – per spiegare gli stessi dati. Quindi l'ipotesi del topo è piú parsimoniosa, e dunque migliore. Lo stesso avviene nell'esempio di Darwin: la teoria darwiniana poteva

spiegare un ambito molto grande di fatti riguardo al mondo vivente, non solo similarità anatomiche tra le specie. Ciascuno di questi fatti poteva essere spiegato in modi alternativi, come Darwin stesso sapeva, ma la teoria dell'evoluzione spiegava tutti i fatti in un solo colpo – il che la rendeva la migliore spiegazione dei dati.

L'idea che semplicità o parsimonia siano il marchio della buona spiegazione è molto attraente, e certamente aiuta a chiarire l'idea di ISM. Ma, se gli scienziati usano la semplicità come una guida all'inferenza, questo solleva un problema: come sappiamo che l'universo è semplice invece che complesso? Preferire una teoria che spiega i dati nei termini del piú piccolo numero possibile di cause sembra plausibile. Ma ci sono ragioni oggettive per pensare che una simile teoria abbia piú probabilità di essere vera di una meno semplice? I filosofi della scienza sono in disaccordo circa questa difficile questione.

4. *Probabilità e induzione.*

Il concetto di probabilità è filosoficamente enigmatico. Parte dell'enigma è che il termine «probabilità» sembra avere piú di un significato. Se leggete che le probabilità che una donna inglese viva fino a cento anni di età è una su dieci, interpreterete ciò come l'affermazione che un decimo delle donne inglesi vive fino a cento anni di età. Analogamente, se leggete che le probabilità che un fumatore maschio sviluppi un cancro al polmone è una su quattro, interpreterete la cosa come l'affermazione che un quarto dei fumatori maschi sviluppa il cancro al polmone. Questa è nota come l'interpretazione frequentista; essa identifica le probabilità con proporzioni o frequenze. Ma che dire se leggete che le probabilità di trovare vita su Marte sono una su mille? Significa che su un pianeta su mille del sistema solare alberga la vita? Certamente no. Tanto per dirne una, ci sono solo nove pianeti nel sistema solare. Di conseguenza in questo caso deve essere all'opera una diversa nozione di probabilità.

Un'interpretazione dell'asserzione «le probabilità di vi-

ta su Marte sono una su mille» è che le persone che la proferiscono stanno comunicando un fatto soggettivo che le riguarda: ci stanno dicendo quanto probabile ritengono la vita su Marte. Questa è l'interpretazione soggettivista della probabilità: essa la interpreta come la misura della forza delle nostre opinioni personali. Certamente noi sosteniamo alcune delle nostre opinioni con maggior forza di altre. Io sono molto sicuro che il Brasile vincerà la Coppa del Mondo, ragionevolmente sicuro che Gesú Cristo è esistito, e molto meno sicuro che il disastro ambientale globale possa essere evitato. Questo può essere espresso dicendo che io assegno un'alta probabilità all'asserzione «il Brasile vincerà la Coppa del Mondo», una probabilità abbastanza alta a «Gesú Cristo è esistito», e una probabilità bassa a «il disastro ambientale globale può essere evitato». Naturalmente sarebbe difficile assegnare un valore numerico preciso alla forza della mia convinzione circa queste asserzioni, ma i sostenitori dell'interpretazione soggettivista la considerano una mera limitazione pratica. In linea di principio, dicono, riflettendo sulla forza con cui crediamo o non crediamo a esse, dovremmo essere in grado di assegnare una precisa probabilità numerica a ciascuna delle asserzioni su cui abbiamo un'opinione.

L'interpretazione soggettivista implica che non ci sono fatti oggettivi circa la probabilità, indipendentemente da ciò che credono le persone. Se io dico che la probabilità di vita su Marte è alta, e voi che è molto bassa, nessuno di noi ha ragione o torto – stiamo entrambi ribadendo con quanta forza crediamo all'asserzione in questione. Naturalmente, secondo l'interpretazione soggettivista, c'è un fatto oggettivo riguardo all'esistenza o meno di vita su marte; ma non c'è un fatto oggettivo riguardo alla probabilità che ci sia vita su Marte.

L'interpretazione logica delle probabilità rifiuta questa posizione, e afferma che un'asserzione come «la probabilità di vita su Marte è alta» è oggettivamente vera o falsa, in relazione a uno specifico *corpus* di evidenza. La probabilità di un enunciato, secondo questa posizione, è la misura della forza delle evidenze in suo favore. I fautori dell'interpretazione logica pensano che per ogni coppia di as

serzioni del nostro linguaggio sia possibile trovare la probabilità dell'una, assunta l'altra come evidenza. Per esempio, potremmo voler scoprire la probabilità dell'avvento di un'era glaciale entro 10 000 anni, dato il tasso attuale di riscaldamento globale. L'interpretazione soggettivista dice che non c'è un fatto oggettivo riguardo a questa probabilità. Ma quella logica insiste che un fatto simile c'è: il tasso attuale di riscaldamento globale conferisce una probabilità numerica definita al verificarsi di un'era glaciale entro 10 000 anni, diciamo per esempio 0,9. Una probabilità dello 0,9 è ovviamente molto alta – dato che il massimo è 1 – quindi l'asserzione «la probabilità che ci sia un'era glaciale entro 10 000 anni è alta» sarebbe oggettivamente vera, data l'evidenza riguardo al riscaldamento globale.

Se avete studiato probabilità o statistica, potreste essere stupiti da questo discorso circa le differenti interpretazioni della probabilità. Che legame c'è tra questi discorsi e ciò che avete appreso? La risposta è che lo studio matematico della probabilità non ci dice di per se stesso che cosa sia la probabilità, che è ciò che abbiamo appena preso in esame. La maggior parte degli statistici di fatto preferirebbe l'interpretazione frequentista, ma il problema di come interpretare la probabilità, come molti problemi filosofici, non può essere risolto matematicamente. Le formule matematiche per calcolare le probabilità rimangono le stesse, qualunque interpretazione adottiamo.

I filosofi della scienza si interessano alla probabilità per due ragioni principali. La prima è che in molti ambiti della scienza, soprattutto in fisica e biologia, troviamo leggi e teorie che sono formulate usando la nozione di probabilità. Consideriamo per esempio la teoria nota come genetica mendeliana, che si occupa della trasmissione dei geni da una generazione all'altra in popolazioni che si riproducono sessualmente. Uno dei piú importanti principî della genetica mendeliana è che ogni gene dell'organismo ha il 50 per cento di possibilità di manifestarsi in ognuno dei gameti dell'organismo (sperma o cellule uovo). Quindi c'è il 50 per cento di possibilità che ogni gene che si trova in vostra madre si trovi anche in voi, e lo stesso vale per i geni di vostro padre. Usando questo e altri principî, i genetisti pos-

sono fornire spiegazioni dettagliate del perché particolari caratteristiche (per esempio, il colore degli occhi) sono distribuite in un certo modo attraverso le generazioni di una famiglia. Ora, qui «possibilità» è solo un'altra parola per probabilità, quindi è ovvio che i nostri princìpi mendeliani fanno un uso essenziale di questo concetto. Si potrebbero dare molti altri esempi di leggi e princìpi scientifici che sono espressi in termini probabilistici, e l'esigenza di comprenderli fornisce un'importante motivazione allo studio filosofico della probabilità.

La seconda ragione per cui i filosofi della scienza sono interessati al concetto di probabilità è la speranza che possa fare un po' di luce sull'inferenza induttiva, in particolare sul problema di Hume, su cui ci concentreremo ora. Alla radice di questo problema c'è il fatto che le premesse di un'inferenza induttiva non garantiscono la verità della conclusione. C'è però la tentazione di suggerire che le premesse di una tipica inferenza induttiva rendono la conclusione altamente probabile. Il fatto che tutti gli oggetti sinora esaminati obbediscano alla legge di Newton non dimostra che tutti gli oggetti lo facciano; ma non basta quanto meno a renderlo probabile? Non è questo un modo sicuro per rispondere con facilità al problema di Hume?

La questione, tuttavia, non è cosí semplice, dato che dobbiamo chiederci quale interpretazione della probabilità è presupposta da questa risposta a Hume. Secondo l'interpretazione frequentista, dire che è altamente probabile che tutti gli oggetti obbediscono alla legge di Newton è dire che una proporzione molto alta di tutti gli oggetti obbediscono alla legge. Ma non c'è modo di sapere una cosa simile, se non usando l'induzione, dato che abbiamo esaminato solo una minuscola frazione degli oggetti dell'universo! Quindi il problema di Hume rimane. Un altro modo per porre il problema è il seguente. Abbiamo iniziato con l'inferenza da «tutti gli oggetti esaminati obbediscono alla legge di Newton» a «tutti gli oggetti obbediscono alla leggi di Newton». Per rispondere alla preoccupazione humeana, secondo cui la premessa dell'inferenza non garantisce la verità della conclusione, abbiamo suggerito che può nondimeno rendere quest'ultima altamente probabile. Ma

l'inferenza da «tutti gli oggetti esaminati obbediscono alla legge di Newton» a «è altamente probabile che tutti gli oggetti obbediscano alla legge di Newton» è ancora un'inferenza induttiva, se si assume che quest'ultima asserzione significhi «una proporzione molto alta degli oggetti obbedisce alla legge di Newton» – come avviene nel caso dell'interpretazione frequentista. Cosí, se adottiamo questa interpretazione, il ricorso al concetto di probabilità non toglie mordente all'argomento di Hume, dato che la conoscenza delle probabilità dipende allora dall'induzione.

Neanche l'interpretazione soggettivista delle probabilità serve a risolvere il problema di Hume, seppure per ragioni diverse. Supponiamo che Gino creda che il sole sorgerà domani e Pino invece no. Entrambi accettano l'evidenza che il sole è sorto ogni giorno in passato. Intuitivamente, vorremmo dire che Gino è razionale e Pino no, dato che l'evidenza rende piú probabile la credenza del primo. Ma se la probabilità è semplicemente una questione di opinione soggettiva non possiamo dirlo. Tutto quello che possiamo dire è che Gino assegna un'alta probabilità a «il sole sorgerà domani» e Pino non lo fa. Se non ci sono fatti oggettivi circa la probabilità, allora non possiamo dire che le conclusioni di un'inferenza induttiva sono altamente probabili, e quindi non abbiamo una spiegazione del perché qualcuno che, come Pino, si astiene dall'usare l'induzione è irrazionale. Ma il problema di Hume è esattamente la richiesta di una tale spiegazione.

L'interpretazione logica delle probabilità sembra piú promettente come tentativo di rispondere in modo soddisfacente a Hume. Supponiamo che ci sia un fatto oggettivo riguardo alla probabilità che il sole sorga domani, assunto che è sorto in passato. Supponiamo che la probabilità sia molto alta. Allora abbiamo una spiegazione del perché Gino è razionale e Pino non lo è. Entrambi accettano l'evidenza che il sole è sorto ogni giorno nel passato, ma Pino non si rende conto che questa evidenza rende altamente probabile che il sole sorgerà domani, mentre Gino lo capisce. Considerare un'asserzione di probabilità come una misura dell'evidenza in suo favore, come suggerisce l'interpretazione logica, si accorda bene con la nostra

sensazione intuiva secondo cui le premesse di un'inferenza induttiva possono rendere la conclusione molto probabile, anche se non ne possono garantire la verità.

Non sorprende quindi che quei filosofi che hanno tentato di risolvere il problema di Hume per mezzo del concetto di probabilità abbiano tendenzialmente preferito l'interpretazione logica. (Uno di loro fu il famoso economista John Maynard Keynes, i cui primi interessi erano logici e filosofici). Sfortunatamente, la maggior parte degli studiosi oggi ritiene che l'interpretazione logica delle probabilità incontri problemi molto seri, probabilmente delle difficoltà insuperabili. Ciò perché tutti i tentativi di sviluppare questo approccio nei dettagli si sono scontrati con una quantità di ostacoli, tanto matematici quanto filosofici. Il risultato è che molti filosofi oggi sono portati a rifiutare del tutto il presupposto sottostante all'interpretazione logica – che ci sono fatti oggettivi circa la probabilità di un'asserzione, assunta un'altra come evidenza. Il rifiuto di questo presupposto conduce naturalmente all'interpretazione soggettivista della probabilità, la quale però, come abbiamo visto, offre poche speranze di una risposta soddisfacente a Hume.

Anche se il problema di Hume è in ultima istanza insolubile, come sembra verosimile, farne oggetto di riflessione è ancora un esercizio utile, dato che esaminare la questione dell'induzione ci conduce a un insieme di domande interessanti, circa la struttura del ragionamento scientifico, la natura della razionalità, il grado appropriato di fiducia da riporre nella scienza, l'interpretazione della probabilità, e cosí via. Come molte tematiche filosofiche, anche queste probabilmente non ammettono una risposta conclusiva, ma affrontandole possiamo imparare molto riguardo alla natura e ai limiti della conoscenza scientifica.

Capitolo terzo

La spiegazione nella scienza

Uno dei piú importanti scopi della scienza è il tentativo di spiegare ciò che accade nel mondo che ci circonda. Qualche volta la spiegazione è ricercata per scopi pratici; per esempio potremmo voler sapere perché lo strato di ozono si sta assottigliando cosí in fretta, per tentare di porvi rimedio. In altri casi cerchiamo la spiegazione scientifica soltanto per soddisfare la nostra curiosità intellettuale – vogliamo sapere di piú su come funziona il mondo. Storicamente, entrambi questi obiettivi hanno motivato la ricerca della spiegazione scientifica.

Molto spesso la scienza moderna ha successo nel suo obiettivo di fornire spiegazioni. Per esempio, i chimici possono spiegare perché il sodio diventa giallo quando brucia; gli astronomi possono spiegare perché in particolari momenti ci sono le eclissi di sole; gli economisti possono render conto della caduta dello yen negli anni Ottanta; i genetisti del perché la calvizie maschile ha un andamento famigliare; i neurofisiologi del perché la privazione estrema di ossigeno conduce al danno cerebrale. Voi stessi potete probabilmente pensare a molti esempi di spiegazione scientifica coronata da successo.

Ma che cosa *è* esattamene la spiegazione scientifica? Che cosa significa esattamente dire che un fenomeno può essere spiegato dalla scienza? Si tratta di una questione che ha impegnato i filosofi fin dai tempi di Aristotele, ma il nostro punto di partenza sarà una celebre teoria della spiegazione scientifica proposta negli anni Cinquanta dal filosofo americano Carl Hempel. La teoria di Hempel è nota come il modello della «legge di copertura» della spiegazione, per ragioni che saranno chiare tra breve.

1. *Hempel e il modello della legge di copertura.*

L'idea di base dietro il modello della legge di copertura è immediata: Hempel notò che le spiegazioni scientifiche sono di solito offerte in risposta a quelle che chiamava «domande sul perché in cerca di spiegazione». Si tratta di domande come: «perché la terra non è perfettamente sferica?», «perché le donne vivono piú a lungo degli uomini?», e simili – esse sono richieste di spiegazione. Fornire una spiegazione scientifica è quindi offrire una risposta soddisfacente a una domanda sul perché in cerca di spiegazione. Se potessimo determinare le caratteristiche essenziali che una simile risposta deve avere sapremmo che cos'è la spiegazione scientifica.

Hempel suggerí che le spiegazioni scientifiche hanno tipicamente la struttura logica di un'argomentazione, ovvero di un insieme di premesse seguite da una conclusione. La conclusione afferma che il fenomeno che deve essere spiegato ha effettivamente luogo, e le premesse ci dicono perché la conclusione è vera. Supponiamo cosí che qualcuno chieda perché lo zucchero si scioglie nell'acqua. Questa è una domanda sul perché in cerca di una spiegazione. Per risponderle, afferma Hempel, dobbiamo costruire un'argomentazione la cui conclusione è «lo zucchero si scioglie nell'acqua» e le cui premesse ci dicono perché la conclusione è vera. L'obiettivo di fornire un'analisi della spiegazione scientifica diviene allora quello di caratterizzare esattamente la relazione che deve sussistere tra un insieme di premesse e una conclusione, affinché le premesse possano contare come spiegazione della conclusione. Questo fu il problema che Hempel si pose.

La sua risposta al problema fu triplice. Primo, le premesse debbono implicare logicamente la conclusione, vale a dire, l'argomentazione deve essere deduttiva. Secondo, tutte le premesse debbono essere vere. Terzo, almeno una delle premesse deve essere una legge generale. Esempi di leggi generali sono «tutti i metalli conducono l'elettricità», «l'accelerazione di un corpo varia inversamente alla sua massa», «tutte le piante contengono clorofilla», e cosí via.

Esse si distinguono da fatti particolari come «questo pezzo di metallo conduce elettricità», «la pianta sulla mia scrivania contiene clorofilla», e simili. Le leggi generali sono chiamate talvolta «leggi di natura». Hempel ammetteva che una spiegazione scientifica potesse fare appello tanto a fatti particolari quanto a leggi generali, ma sosteneva che almeno una legge generale era sempre essenziale. Cosí spiegare un fenomeno, secondo la concezione di Hempel, è spiegare che la sua occorrenza segue deduttivamente da una legge generale, eventualmente supportata da altre leggi e/o fatti particolari, ciascuno dei quali deve essere vero.

Come illustrazione, supponiamo che io stia cercando di spiegare come mai la pianta sulla mia scrivania è morta. Potrei offrire la seguente spiegazione: a causa della scarsa luminosità del mio studio, la luce solare non ha raggiunto la pianta. Ma la luce solare è necessaria per la fotosintesi delle piante, e senza fotosintesi una pianta non può produrre i carboidrati di cui ha bisogno per sopravvivere, ed è quindi destinata a morire. Perciò la mia pianta è morta. Questa spiegazione corrisponde con precisione al modello di Hempel: spiega la morte della pianta deducendola da due leggi vere – la luce solare è necessaria per la fotosintesi e la fotosintesi è necessaria per la sopravvivenza – e da un fatto particolare – la pianta non aveva luce solare. Data la verità delle due leggi e del fatto particolare, la morte della pianta *doveva* avvenire. Questo è il motivo per cui le leggi e il fatto rappresentano una buona spiegazione della morte della pianta.

Schematicamente, il modello di spiegazione di Hempel può essere scritto cosí:

Leggi generali
Fatti particolari

$\Rightarrow$

Fenomeno che deve essere spiegato

Il fenomeno che deve essere spiegato è chiamato l'*explanandum*, e le leggi generali e i fatti particolari che servono per la spiegazione *explanans*. L'*explanandum* stesso può essere un fatto particolare o una legge generale. Nell'esempio appena proposto, era un fatto particolare – la

morte della mia pianta. Ma talvolta le cose che vogliamo spiegare sono generali. Per esempio, potremmo voler spiegare perché l'esposizione al sole causa il cancro della pelle. Questa è una legge generale, non un fatto particolare. Per spiegarla avremmo bisogno di dedurla da leggi ancor piú fondamentali – presumibilmente leggi che concernono l'impatto delle radiazioni sulle cellule della pelle, combinate con fatti particolari circa la quantità di radiazione nella luce solare. La struttura della spiegazione scientifica è quindi essenzialmente la stessa, indipendentemente dal fatto che l'*explanandum*, cioè quello che stiamo cercando di spiegare, sia particolare o generale.

È facile vedere perché il modello della spiegazione di Hempel sia chiamato il modello della legge di copertura. Infatti, secondo tale modello, l'essenza della spiegazione è mostrare che il fenomeno che deve essere spiegato è «coperto» da qualche legge di natura generale. C'è certamente qualcosa di attraente in questa idea, perché mostrare che un fenomeno è una conseguenza di una legge generale ne elimina il lato misterioso – lo rende piú intelligibile. E, di fatto, le spiegazioni scientifiche soddisfano spesso il modello descritto da Hempel. Per esempio, Newton spiegò perché i pianeti si muovono in ellissi intorno al sole mostrando che ciò può essere dedotto dalla sua legge di gravitazione universale, con l'aggiunta di alcune assunzioni addizionali minori. La spiegazione di Newton soddisfa lo schema hempeliano in modo esatto: un fenomeno è spiegato mostrando che doveva essere cosí, assunte le leggi di natura piú alcuni fatti aggiuntivi. Dopo Newton non vi fu piú alcun mistero sul perché le orbite planetarie sono ellittiche.

Hempel era consapevole del fatto che non tutte le spiegazioni scientifiche si adattano al suo modello con esattezza. Per esempio, se chiedete a qualcuno perché Atene è sempre immersa nello smog, vi risponderà probabilmente: «perché le auto producono inquinamento». Questa è una spiegazione scientifica perfettamente accettabile, anche se non comporta la citazione di alcuna legge. Ma Hempel direbbe che, se la spiegazione venisse sviluppata in ogni dettaglio, allora le leggi entrerebbero nel quadro. È presumi-

bile che vi sia una legge che dice qualcosa come «se il monossido di carbonio è rilasciata nell'atmosfera terrestre in una sufficiente concentrazione, si formeranno nuvole di smog». La spiegazione completa del perché Atene è immersa nello smog citerebbe questa legge, insieme al fatto che i vapori di scarico delle automobili contengono monossido di carbonio e che ad Atene ci sono molte automobili. Nella pratica non formuleremo la nostra spiegazione in modo così dettagliato, a meno di non essere molto pedanti; ma se lo facessimo, la spiegazione corrisponderebbe molto bene allo schema della legge di copertura.

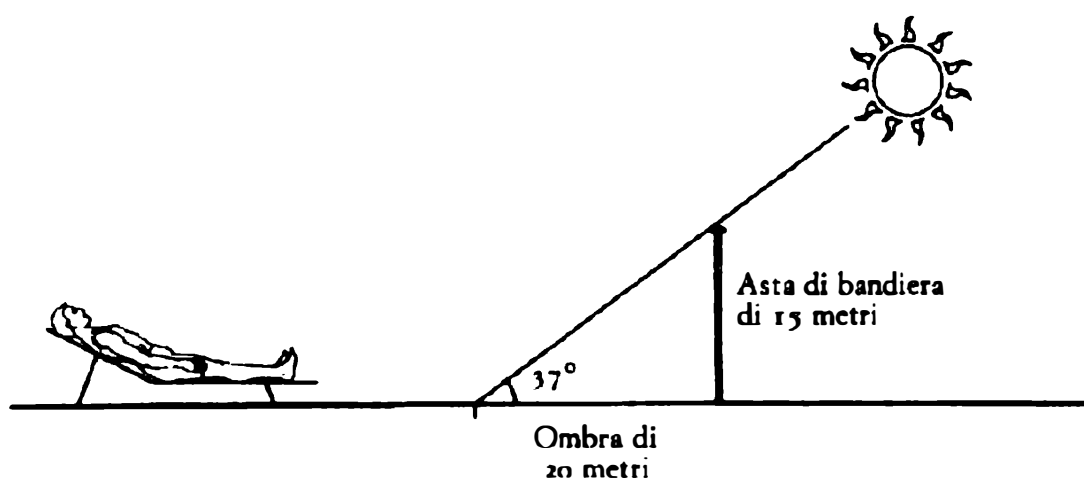
Hempel trasse dal suo modello un'interessante conseguenza filosofica circa la relazione tra spiegazione e predizione, affermando che si tratta di due facce della stessa medaglia. Ogni volta che diamo una spiegazione basata su leggi di copertura di un dato fenomeno, le leggi e i fatti particolari che citiamo ci avrebbero permesso di predire l'occorrere del fenomeno in questione, se già non lo avessimo conosciuto. Come illustrazione, consideriamo ancora la spiegazione newtoniana del perché le orbite planetarie sono ellittiche. Questo fatto era già noto molto tempo prima che Newton lo spiegasse usando la legge di gravità – venne scoperto da Keplero. Ma se non lo fosse stato, Newton sarebbe stato in grado di predirlo dalla propria teoria della gravità, dato che tale teoria implica logicamente che le orbite planetarie sono ellittiche, date alcune assunzioni ausiliarie minori. Hempel espresse tutto ciò dicendo che ogni spiegazione scientifica di un fenomeno ne è potenzialmente una predizione: avrebbe potuto essere usata per predire il fenomeno, se esso non fosse già stato conosciuto. Secondo Hempel, anche la conversa è vera: ogni predizione affidabile è anche una spiegazione. Per esempio, supponiamo che gli scienziati predicano che i gorilla di montagna si estingueranno entro il 2010, sulla base di informazioni riguardo alla distruzione del loro habitat; e supponiamo che la predizione si riveli corretta. A parere di Hempel, le informazioni usate per predire l'estinzione dei gorilla prima del suo verificarsi serviranno come spiegazione dello stesso fatto dopo che è avvenuto: spiegazione e predizione sono strutturalmente simmetriche.

Il modello della legge di copertura cattura molto bene la struttura di molte spiegazioni scientifiche reali, ma deve anche fronteggiare un certo numero di impegnativi controesempi. Essi sono di due tipi: da un lato ci sono casi di spiegazione scientifica genuina che non corrispondono al modello, neppure approssimativamente. Questi casi suggeriscono che la teoria di Hempel è troppo restrittiva – esclude alcune effettive spiegazioni scientifiche. Dall'altro lato, ci sono casi che soddisfano il modello della legge di copertura, ma che intuitivamente non contano come spiegazioni scientifiche genuine. Questi casi suggeriscono che il modello hempeliano è troppo liberale – ammette cose che dovrebbero essere escluse. Ci concentreremo ora su controesempi del secondo tipo.

2. *Il problema della simmetria.*

Supponiamo che siate sdraiati sulla spiaggia in un giorno di sole e notiate che l'asta di una bandiera sta gettando un'ombra di 20 metri sulla sabbia (fig. 8).

Qualcuno vi chiede di spiegare perché l'ombra è lunga 20 metri. Questa è una domanda sul perché in cerca di spiegazione. Una risposta plausibile potrebbe essere questa:

Figura 8.
Un'asta di bandiera alta 15 metri getta un'ombra di 20 metri quando il sole ha un'altezza di 37°.

«i raggi di luce che provengono dal sole colpiscono l'asta della bandiera che è lunga esattamente 15 metri; l'angolo di elevazione del sole è di 37°; dato che la luce viaggia in linea retta, un semplice calcolo trigonometrico (tan 37° = 15/20) mostra che l'asta della bandiera getterà un'ombra lunga 20 metri».

Questa sembra essere una spiegazione scientifica del tutto valida. E se la riscriviamo secondo lo schema di Hempel, possiamo vedere che soddisfa il modello della legge di copertura.

Leggi Generali	La luce viaggia in linea retta Leggi della trigonometria
Fatti particolari	L'angolo di elevazione del sole è 37° L'asta della bandiera è alta 15 metri
⇒	
Fenomeno da spiegare	L'ombra è lunga 20 metri

La lunghezza dell'ombra è dedotta dall'altezza dell'asta della bandiera e dall'angolo di elevazione del sole, insieme alla legge dell'ottica secondo cui la luce viaggia in linea retta e alle leggi della trigonometria. Dato che tali leggi sono vere e l'asta è effettivamente alta 15 metri, la spiegazione soddisfa con precisione i requisiti hempeliani. Fin qui tutto bene. Ma ora sorge un problema: supponiamo di scambiare tra loro l'*explanandum* – l'ombra è lunga venti metri – e il fatto particolare che l'asta della bandiera è alta 15 metri. Il risultato è:

Leggi Generali	La luce viaggia in linea retta Leggi della trigonometria
Fatti particolari	L'angolo di elevazione del sole è 37° L'ombra è lunga 20 metri
⇒	
Fenomeno da spiegare	L'asta della bandiera è alta 15 metri

Anche questa «spiegazione» si conforma al modello della legge di copertura. L'altezza dell'asta è dedotta dalla lunghezza dell'ombra che getta e dall'angolo di elevazione del

sole, insieme alla legge dell'ottica secondo cui la luce viaggia in linea retta e alle leggi della trigonometria. Ma sembra molto strano considerare questa una *spiegazione* del perché l'asta della bandiera è alta 15 metri. La spiegazione reale del perché l'asta è alta 15 metri è, presumibilmente, che un artigiano l'ha fatta deliberatamente cosí – non ha nulla a che fare con la lunghezza dell'ombra che getta. Il modello di Hempel è quindi troppo liberale: permette a qualcosa che ovviamente non lo è di contare come una spiegazione scientifica.

La morale generale dell'esempio dell'asta della bandiera è che il concetto di spiegazione esibisce un'importante asimmetria: l'altezza dell'asta spiega la lunghezza dell'ombra, assunti le leggi e i fatti aggiuntivi rilevanti, ma non viceversa. In generale, se *x* spiega *y*, assunti le leggi e i fatti aggiuntivi rilevanti, allora non sarà vero che *y* spiega *x*, assunti le stesse leggi e gli stessi fatti. Ciò viene espresso talvolta dicendo che la spiegazione è una relazione asimmetrica, e il modello della legge di copertura di Hempel non rispetta questa asimmetria, dato che proprio come possiamo dedurre la lunghezza dell'ombra dall'altezza dell'asta della bandiera, assunti leggi e fatti rilevanti, cosí possiamo dedurre l'altezza dell'asta della bandiera dalla lunghezza dell'ombra. In altri termini, il modello della legge di copertura implica che la spiegazione sia una relazione simmetrica, ma in realtà essa è asimmetrica. In questo senso, il modello di Hempel non riesce a catturare completamente cosa significa essere una spiegazione scientifica.

Il caso dell'ombra e dell'asta della bandiera fornisce anche un contro-esempio alla tesi hempeliana secondo cui la spiegazione e la predizione sono due facce della stessa medaglia. La ragione è ovvia: supponete di non sapere quanto sia alta l'asta della bandiera; se qualcuno vi dicesse che essa proietta un'ombra di 20 metri e che il sole si trova a 37° di elevazione nel cielo, voi sareste in grado di *predire* la lunghezza dell'asta, a patto che conosciate le opportune leggi ottiche e trigonometriche. Ma, come abbiamo visto, questa informazione evidentemente non *spiega* perché l'asta della bandiera ha quella data altezza. Cosí, nell'esempio in esame, predizione e spiegazione si separano. L'infor-

mazione che serve a predire un fatto prima che lo conosciamo non serve a spiegare il medesimo fatto dopo che lo abbiamo appreso, il che contraddice la tesi di Hempel.

3. *Il problema dell'irrilevanza.*

Supponiamo che un bambino piccolo si trovi in un ospedale in una stanza piena di donne incinte. Il bambino nota che nella stanza c'è una sola persona che non è incinta – un uomo di nome Gianni –, e chiede al dottore come mai non lo sia. Il dottore risponde: «Gianni ha assunto pillole anticoncezionali regolarmente negli ultimi anni, e le persone che assumono queste pillole regolarmente non diventano mai incinte. Perciò Gianni non è rimasto incinto». Assumiamo, per amore di discussione, che quel che dice il dottore sia vero – Gianni è mentalmente disturbato e prende davvero pillole anticoncezionali, perché pensa che lo possano aiutare. Anche in questo caso, la risposta del dottore al bambino è evidentemente poco utile. La spiegazione corretta del perché Gianni non è gravido, ovviamente, è che egli è un maschio, e i maschi non possono avere una gravidanza.

La spiegazione che il dottore ha dato al bambino, però, corrisponde perfettamente al modello della legge di copertura. Il dottore deduce il fenomeno da spiegare – che Gianni non è rimasto incinto – dalla legge generale secondo cui le persone che assumono le pillole anticoncezionali non restano mai incinte e dal fatto particolare che Gianni ha assunto tali pillole. Dato che tanto la legge generale quanto il fatto particolare sono veri, e dato che essi implicano logicamente l'*explanandum*, secondo il modello della legge di copertura il dottore ha fornito una spiegazione perfettamente adeguata del perché Gianni non è in stato di gravidanza. Ma naturalmente in realtà non l'ha fatto. Quindi il modello della legge di copertura è troppo permissivo: ammette tra le spiegazioni scientifiche cose che intuitivamente non lo sono.

La conclusione che possiamo trarre è che una buona spiegazione di un fenomeno deve contenere informazioni che

sono *rilevanti* per il suo accadere. Questo è il punto dove la risposta del dottore manca il bersaglio. Sebbene quello che egli dice al bambino sia perfettamente vero, il fatto che Gianni abbia preso le pillole anticoncezionali è irrilevante rispetto al suo non essere in stato di gravidanza, perché non lo sarebbe stato neppure se si fosse astenuto dall'assumere le pillole. Questo è il motivo per cui la replica del dottore non costituisce una buona risposta alla domanda del bambino. Il modello di Hempel non rispetta questa caratteristica essenziale del nostro concetto di spiegazione.

4. *Spiegazione e causalità.*

Visto che il modello della legge di copertura va incontro a tanti problemi, è naturale cercare un modo alternativo per comprendere la spiegazione scientifica. Alcuni filosofi credono che la chiave risieda nel concetto di causalità, un suggerimento molto attraente, poiché in molti casi spiegare un fenomeno è proprio dire che cosa lo ha causato. Per esempio, se un perito sta cercando di spiegare la caduta di un aeroplano, allora sta ovviamente cercando la causa della caduta. In realtà, le domande «perché l'aeroplano è caduto?» e «qual è la causa della caduta dell'aeroplano?» sono in sostanza equivalenti. Analogamente, se un biologo sta cercando di spiegare come mai oggi c'è meno biodiversità nelle foreste pluviali tropicali di quanta non ve ne fosse un tempo, allora sta chiaramente cercando la causa della riduzione di biodiversità. Il legame tra i concetti di spiegazione e causalità è molto intimo.

Colpiti da questo legame, molti filosofi hanno abbandonato il modello di spiegazione della legge di copertura, in favore di un'analisi basata sulla causalità. I dettagli variano, ma l'idea di fondo che sta dietro la proposta è che spiegare un fenomeno è semplicemente spiegare che cosa lo ha causato. In alcuni casi le differenze tra le descrizioni in termini di leggi di copertura e di causalità non sono poi molto grandi, poiché dedurre l'occorrere di un fenomeno da una legge generale spesso *è* proprio darne la causa. Per esempio, ricordiamo ancora la spiegazione newtoniana del

perché le orbite dei pianeti sono ellittiche: abbiamo visto che essa soddisfaceva il modello della legge di copertura – dato che Newton deduceva la forma dell'orbita planetaria dalla propria legge di gravitazione, piú alcuni fatti aggiuntivi. Ma questa spiegazione è anche causale, poiché le orbite ellittiche sono causate dall'attrazione gravitazionale tra i pianeti e il sole.

Le descrizioni in termini di leggi di copertura e di causalità non sono però equivalenti – ci sono casi in cui divergono. In realtà molti filosofi preferiscono l'approccio causale alla spiegazione proprio perché ritengono che esso possa evitare alcuni dei problemi del modello della legge di copertura. Ricordiamo il problema dell'asta della bandiera: perché le nostre intuizioni ci dicono che l'altezza dell'asta spiega la lunghezza dell'ombra, assunte le leggi, ma non viceversa? Plausibilmente perché l'altezza dell'asta è la causa dei 20 metri di lunghezza dell'ombra, mentre il fatto che l'ombra sia lunga 20 metri non è la causa dei 15 metri di altezza dell'asta. Quindi, a differenza del modello della legge di copertura, l'approccio causale alla spiegazione offre la risposta «giusta» al caso dell'asta della bandiera – rispetta l'intuizione secondo cui non possiamo spiegare l'altezza dell'asta facendo riferimento all'ombra che getta.

La morale generale del problema dell'asta della bandiera era che il modello della legge di copertura non può render conto del fatto che la spiegazione è una relazione asimmetrica. Ora, è ovvio che anche la causalità è una relazione asimmetrica: se x è la causa di y, allora y non è la causa di x. Per esempio, se il cortocircuito ha causato l'incendio, allora evidentemente l'incendio non ha causato il cortocircuito. È quindi molto plausibile suggerire che l'asimmetria della spiegazione deriva dall'asimmetria della causalità. Se spiegare un fenomeno è dire che cosa lo ha causato, allora, visto che la causalità è asimmetrica, dobbiamo aspettarci che lo sia anche la spiegazione – come in effetti è. Il modello della legge di copertura si scontra con il problema dell'asta della bandiera proprio perché cerca di analizzare il concetto di spiegazione scientifica senza riferimento alla causalità.

Lo stesso è vero per il caso della pillola anticonceziona-

le. Il fatto che Gianni prenda le pillole anticoncezionali non spiega perché non è gravido in quanto le pillole non sono la causa della mancata gravidanza. Piuttosto, è il sesso di Gianni la causa del suo non essere gravido. Ecco perché pensiamo che la risposta corretta alla domanda «Perché Gianni non è gravido?» sia «perché è un maschio, e i maschi non diventano gravidi», e non sia invece quella fornita dal dottore. La riposta del dottore soddisfa le richieste del modello della legge di copertura, ma dato che non identifica correttamente la causa del fenomeno che desideriamo spiegare non rappresenta una spiegazione genuina. La morale che avevamo tratto dall'esempio della pillola anticoncezionale era che una spiegazione scientifica genuina deve contenere informazioni che sono rilevanti per l'*explanandum*. In effetti questo è un altro modo per dire che la spiegazione deve indicare la causa dell'*explanandum*. Le analisi della spiegazione scientifica basate sulla causalità non si scontrano con il problema dell'irrilevanza.

È facile criticare Hempel per non aver rispettato il rapporto stretto tra causalità e spiegazione; e molti lo hanno fatto. In qualche modo si tratta di una critica un po' ingiusta, dato che Hempel aderiva a una dottrina filosofica nota come *empirismo*, e gli empiristi sono tradizionalmente molto sospettosi riguardo al concetto di causalità. L'empirismo afferma che ogni nostra conoscenza nasce dall'esperienza. David Hume, che abbiamo incontrato nel capitolo scorso, fu un eminente empirista e affermò che è impossibile avere esperienza delle relazioni causali. Egli concluse quindi che tali relazioni non esistono – la causalità è un'invenzione della nostra immaginazione! Si tratta di una conclusione molto difficile da accettare: non è ovviamente un fatto obiettivo che far cadere dei vasi di vetro causa la loro rottura? Hume lo negò. Egli ammetteva che molti vasi che sono stati fatti cadere si sono di fatto rotti; ma la nostra idea di causalità include piú di questo: essa comprende l'idea di un legame causale tra la caduta e la rottura, ovvero afferma che la prima produce la seconda. Secondo Hume nessun legame del genere può essere trovato nel mondo: tutto ciò che vediamo è il vaso lasciato cadere e poi il vaso che si rompe un momento dopo. Noi

non abbiamo esperienza di una connessione causale tra il primo evento e il secondo. La causalità è quindi una finzione.

La maggior parte degli empiristi non ha accettato completamente questa sorprendente conclusione; ma, come conseguenza dell'opera di Hume, ha sviluppato la tendenza a considerare la causalità un concetto da trattare con grande cautela. Cosí per un empirista l'idea di analizzare il concetto di spiegazione in termini di causalità sembrerebbe perversa. Se lo scopo di qualcuno è chiarire il concetto di spiegazione scientifica, come era nel caso di Hempel, c'è poco costrutto nell'utilizzare nozioni che sono a loro volta bisognose di chiarificazione. E per gli empiristi la causalità è certamente bisognosa di una chiarificazione filosofica. In questo senso, il fatto che il modello della legge di copertura non menzionasse la causalità non era una mera svista da parte di Hempel. Negli ultimi anni l'empirismo ha perso molta popolarità. Inoltre parecchi filosofi sono giunti alla conclusione che il concetto di causalità, per quanto filosoficamente problematico, sia indispensabile per il modo in cui comprendiamo il mondo. Cosí l'idea di un modello della spiegazione scientifica basato sulla causalità è piú accettabile di quanto non lo sarebbe stato ai tempi di Hempel.

Non vi è dubbio che le analisi della spiegazione basate sulla causalità catturano bene molte delle effettive spiegazioni scientifiche; ma rappresentano tutta la storia? Molti filosofi rispondono di no, sulla base del fatto che certe spiegazioni scientifiche non sembrano causali. Una classe di esempi si origina da quelle che sono chiamate «identificazioni teoriche» nella scienza. Le identificazioni teoriche implicano l'identificazione tra un dato concetto e un altro, che proviene di solito da un'altra branca dell'impresa scientifica. «L'acqua è H_2O» ne è un esempio, cosí come «la temperatura è l'energia cinetica molecolare media». In entrambi i casi un concetto quotidiano e familiare è considerato equivalente o identificato con un concetto scientifico piú esoterico. Le identificazioni teoriche ci offrono spesso quelle che sembrano essere spiegazioni scientifiche. Quando i chimici scoprirono che l'acqua è H_2O, furono perciò in grado di spiegare che cosa è l'acqua. Analogamente,

quando i fisici scoprirono che la temperatura di un oggetto è l'energia cinetica molecolare media delle sue molecole, spiegarono anche che cosa è la temperatura. Ma nessuna di queste spiegazioni è causale. Essere fatta di H_2O, naturalmente, non è la *causa* dell'essere una sostanza acqua – *è* essere acqua, semplicemente. Avere una particolare energia molecolare media non *causa* la temperatura di un liquido – *è* avere quella temperatura e basta. Se questi esempi sono accettati come casi di spiegazione scientifica legittima, allora suggeriscono che le analisi della spiegazione basate sulla causalità non possono essere complete.

5. *La scienza può spiegare tutto?*

La scienza moderna può spiegare molto del mondo in cui viviamo. Ma vi sono anche molti fatti che non sono stati spiegati dalla scienza, o quanto meno, che non lo sono stati in modo completo. L'origine della vita è uno di questi casi. Sappiamo che circa quattro miliardi di anni fa molecole in grado di autoreplicarsi apparvero nel brodo primordiale, e da esse si sviluppò la vita. Ma non capiamo in che modo queste molecole autoreplicanti si produssero all'inizio. Un altro esempio sono le ottime capacità mnemoniche dei bambini autistici. Numerosi studi su tali bambini hanno confermato questo fatto, ma finora nessuno è riuscito a spiegarlo. Molte persone pensano che alla fine la scienza sarà in grado di spiegare questo tipo di fatti, e si tratta di una posizione piuttosto plausibile. I biologi molecolari stanno lavorando duramente sul problema dell'origine della vita, e dire che non lo risolveranno mai sarebbe solo indizio di pessimismo. Certamente il problema è molto arduo, anche perché è difficilissimo sapere come fossero le condizioni sulla terra quattro miliardi di anni fa. Ma ciononostante non vi sono ragioni per pensare che le origini della vita non saranno mai spiegate. Lo stesso vale per le capacità mnemoniche dei bambini autistici: la scienza della memoria è ancora nella sua infanzia e c'è ancora molto da scoprire sulle basi neurologiche dell'autismo. È ovvio che non c'è modo di garantire che la spiegazione sarà

alla fine trovata, ma, visto il gran numero di successi esplicativi che la scienza moderna ha già segnato a suo favore, la scommessa migliore è che anche molti dei fatti che oggi sono ancora inspiegati lo saranno in futuro.

Questo significa allora che la scienza può spiegare in linea di principio ogni cosa? O ci sono fenomeni che eluderanno per sempre la spiegazione scientifica? Si tratta di una domanda a cui è difficile trovare risposta. Da un lato sembra arrogante asserire che la scienza può spiegare tutto; dall'altro sembra miope asserire di qualunque particolare fenomeno che esso resterà per sempre inspiegato. La scienza, infatti, cambia e si sviluppa molto rapidamente, e un fenomeno che appare completamente inesplicabile dal punto di vista della scienza oggi, può essere facilmente spiegato domani.

Secondo alcuni filosofi c'è una ragione puramente logica del perché la scienza non sarà mai in grado di spiegare ogni cosa. Infatti, per spiegare un fenomeno, di qualsiasi cosa si tratti, dobbiamo fare appello a qualcosa d'altro. Ma cosa spiega questo qualcosa d'altro? Come illustrazione, ricordiamo che Newton spiegò un ampio ambito di fenomeni usando la sua legge di gravitazione. Ma che cosa spiega la legge di gravitazione stessa? Se qualcuno chiedesse *perché* tutti i corpi esercitano un'attrazione gravitazionale gli uni sugli altri, che cosa dovremmo dire? Newton non aveva una risposta a questa domanda; nella scienza newtoniana la forza di gravità era un principio fondamentale: spiegava altre cose, ma non poteva essa stessa essere spiegata. Questa morale può essere generalizzata: per quanto ampio sia il ventaglio di ciò che la scienza futura potrà spiegare, la spiegazione offerta farà uso di certe leggi e principî fondamentali, e dato che niente può spiegare se stesso, ne segue che almeno alcuni di tali leggi e principî fondamentali resteranno a loro volta non spiegati.

Qualsiasi cosa si pensi di questo argomento, non vi è dubbio che è molto astratto. Il suo scopo è mostrare che ci sono fenomeni che non verranno mai spiegati, ma non ci dice quali sono. Vi sono però filosofi che hanno avanzato suggerimenti concreti circa i fenomeni che a loro parere la scienza non potrà mai spiegare. Un esempio è la coscienza

– la caratteristica distintiva delle creature pensanti e senzienti, come noi stessi e gli altri animali superiori. Molte ricerche sulla natura della coscienza sono state e sono tuttora perseguite da neuroscienziati, psicologi, e altri studiosi; ma un certo numero di filosofi ha recentemente sostenuto che, a qualunque risultato tali ricerche pervengano, non forniranno mai una spiegazione completa della natura della coscienza. C'è qualcosa di intrinsecamente misterioso nel fenomeno della coscienza, essi affermano, che nessun ammontare di ricerca scientifica può eliminare.

Quali sono le basi per questa posizione? L'argomentazione fondamentale è che le esperienze coscienti si differenziano profondamente da qualsiasi altra cosa che esiste al mondo per il loro «aspetto soggettivo». Considerate per esempio l'esperienza di guardare un terrificante film dell'orrore. Si tratta di un'esperienza a cui è associata una «sensazione» molto particolare: nel gergo corrente «fa un certo effetto» avere questa esperienza. I neuroscienziati un giorno potranno forse dare una spiegazione dettagliata dei complessi accadimenti nel cervello che producono la nostra sensazione di terrore. Ma tale spiegazione saprà anche dirci perché il guardare un film dell'orrore produce questa specifica sensazione, invece che un'altra in qualche modo diversa? Molte persone rispondono negativamente: esse pensano che lo studio scientifico del cervello possa dirci al massimo che certi processi cerebrali sono correlati con certe esperienze coscienti. Si tratta indubbiamente di un'informazione interessante e importante, tuttavia essa non ci dice *perché* le varie esperienze caratterizzate da specifiche «sensazioni» soggettive dovrebbero essere il risultato di eventi puramente fisici nel cervello. Quindi la coscienza, o quanto meno un importante aspetto di essa, è scientificamente inesplicabile.

Malgrado la sua forza, questo argomento è molto controverso e non è accettato da tutti i filosofi, per non parlare dei neuroscienziati. Un celebre libro pubblicato nel 1991 dal filosofo Daniel Dennett è proprio intitolato (nell'originale inglese) *La coscienza spiegata*. I sostenitori della tesi secondo cui la coscienza è scientificamente inesplicabile sono talvolta accusati di mancare di immaginazione.

Anche se è vero che la scienza del cervello, per come è attualmente praticata, non può spiegare l'aspetto soggettivo della coscienza, non possiamo forse immaginare l'emergere di una branca del tutto nuova della neuroscienza, con tecniche esplicative radicalmente diverse, in grado di *spiegare* perché le nostre esperienze hanno il carattere sensibile che hanno? C'è una lunga tradizione di filosofi che hanno tentato di dire agli scienziati che cosa è e che cosa non è possibile, e gli sviluppi successivi della scienza hanno spesso provato che tali filosofi si sbagliavano. Solo il tempo dirà se lo stesso destino attende coloro che sostengono che la coscienza eluderà per sempre la spiegazione scientifica.

6. *Spiegazione e riduzione*.

Le diverse discipline scientifiche sono progettate per spiegare differenti tipi di fenomeni. Spiegare perché la gomma non conduce l'elettricità è compito della fisica. Spiegare perché le tartarughe vivono cosí a lungo è compito della biologia. Spiegare perché un aumento dei tassi di interesse riduce l'inflazione è compito dell'economia, e cosí via. In breve, c'è una divisione del lavoro tra le varie scienze: ciascuna si specializza nel dar conto del suo particolare insieme di fenomeni. Questo chiarisce perché di solito esse non sono in competizione tra loro – perché i biologi, per esempio, non temono che i fisici o gli economisti possano invadere il loro territorio.

Ciononostante è diffusa l'idea che le differenti branche della scienza non sono tutte sullo stesso piano: alcune sono piú fondamentali di altre. La fisica di solito è considerata la scienza piú fondamentale di tutte. Perché? Perché gli oggetti studiati dalle altre scienze sono in ultima analisi composti da particelle fisiche. Consideriamo, per esempio, gli organismi viventi: essi sono fatti di cellule, che a loro volta sono fatte di acqua, acidi nucleici (come il DNA), proteine, zuccheri e lipidi (grassi), ciascuno dei quali consiste di molecole o di lunghe catene di molecole interconnesse. Ma le molecole sono composte di atomi, che sono particelle fisiche. Cosí gli oggetti studiati dai biologi sono

alla fine soltanto entità fisiche molto complesse. Lo stesso vale per le altre scienze, persino per quelle sociali. Prendiamo per esempio l'economia; essa studia il comportamento di imprese e consumatori nel mercato, cosí come le conseguenze di questo comportamento. Ma i consumatori sono esseri umani, e le imprese sono fatte di esseri umani. E gli esseri umani sono organismi viventi, e quindi entità fisiche.

Tutto ciò significa forse che, in linea di principio, la fisica può inglobare tutte le scienze di livello superiore? Dato che ogni cosa è fatta di particelle fisiche, ne dobbiamo concludere che se avessimo una fisica completa, tale da metterci in grado di predire il comportamento di ogni particella dell'universo, allora tutte le altre scienze diventerebbero superflue? La maggior parte dei filosofi rifiuta questa linea di pensiero. Dopo tutto sembra follia pensare che un giorno la fisica sarà in grado di spiegare i fenomeni trattati da biologia ed economia. La prospettiva di dedurre le leggi della biologia e dell'economia direttamente dalle leggi fisiche appare remota. Qualsiasi forma assuma la fisica del futuro, è veramente improbabile che possa predire le crisi economiche. Lungi dall'essere riducibili alla fisica, scienze come la biologia e l'economia appaiono largamente autonome.

Il che ci conduce a un rompicapo filosofico: com'è possibile che una scienza la quale studia entità in ultima analisi fisiche *non* sia riducibile alla fisica? Assunto che le scienze di livello superiore non siano riducibili alla fisica, com'è possibile che ciò avvenga? Secondo alcuni filosofi la risposta è nel fatto che gli oggetti studiati dalle scienze di livello superiore hanno una «realizzazione multipla» al livello fisico. Per illustrare l'idea della realizzazione multipla, immaginate una collezione di portacenere. Ciascun portacenere individuale è ovviamente un'entità fisica, come ogni altra cosa nell'universo. Tuttavia, la composizione dei portacenere può essere molto diversa – alcuni possono essere di vetro, altri di alluminio, altri di plastica e cosí via. Probabilmente essi saranno anche diversi per dimensioni, forma e peso. Virtualmente non c'è limite alla varietà di proprietà fisiche che può avere un portacenere. Non è co

sí possibile definire il concetto «portacenere» in termini puramente fisici: non possiamo trovare un'asserzione vera della forma «*x* è un portacenere se e solo se *x* è...» dove lo spazio vuoto è riempito da un'espressione presa dal linguaggio della fisica. Questo significa che i portacenere hanno realizzazioni multiple al livello fisico.

I filosofi hanno spesso fatto riferimento alla realizzazione multipla per spiegare perché la psicologia non può essere ridotta alla fisica o alla chimica, ma in linea di principio la spiegazione funziona per ogni scienza di livello superiore. Consideriamo per esempio il fatto che le cellule nervose vivono piú a lungo di quelle della pelle. Le cellule sono entità fisiche, cosí si potrebbe pensare che questo fatto sarà spiegato un giorno dalla fisica. Tuttavia le cellule hanno quasi certamente una realizzazione multipla al livello microfisico. Esse sono in ultima analisi costituite da atomi, ma la precisa disposizione degli atomi sarà molto diversa in cellule differenti. Cosí il concetto «cellula» non può essere definito da termini tratti dalla fisica fondamentale. Non c'è un'asserzione vera della forma: «*x* è una cellula se e solo se *x* è...» dove lo spazio vuoto è riempito da un'espressione presa dal linguaggio della microfisica. Se ciò è corretto, significa che la microfisica non sarà mai in grado di spiegare perché le cellule nervose vivono piú a lungo di quelle della pelle, o, in realtà, qualsiasi altro fatto sulle cellule. Il vocabolario della biologia cellulare e quello della fisica non corrispondono l'uno all'altro nel modo richiesto. Abbiamo cosí una spiegazione del perché la biologia cellulare non si può ridurre alla fisica, nonostante che le cellule siano entità fisiche. Non tutti i filosofi accettano di buon grado la dottrina della realizzazione multipla, ma essa ci promette la disponibilità di una chiara spiegazione dell'autonomia delle scienze di livello superiore, autonomia che vale tanto nei confronti della fisica, quanto per ciascuna scienza rispetto alle altre.

Capitolo quarto

Realismo e anti-realismo

In filosofia esiste un dibattito molto antico tra due scuole di pensiero, chiamate «realismo» e «idealismo». Il realismo afferma che il mondo fisico esiste indipendentemente dal pensiero e dalla percezione umani. L'idealismo lo nega – asserisce che il mondo fisico è in qualche modo dipendente dall'attività cosciente degli esseri umani. Alla maggioranza delle persone il realismo appare piú plausibile dell'idealismo. La ragione è che il realismo, a differenza dell'idealismo, ben corrisponde al punto di vista del senso comune, secondo cui i fatti che riguardano il mondo sono «lí fuori», in attesa di essere scoperti da noi. In effetti, a prima vista, l'idealismo può apparire chiaramente assurdo. Dato che è presumibile che rocce e alberi continuerebbero a esistere anche se la razza umana scomparisse, in che senso la loro esistenza dipende dalle menti umane? Di fatto, la questione è un po' piú sottile di cosí, e continua a essere discussa anche al giorno d'oggi.

La tematica realismo/idealismo, anche se appartiene a un'area della filosofia chiamata «metafisica», non ha particolarmente a che fare con la scienza. La nostra preoccupazione, in questo capitolo, sarà rivolta a un dibattito piú moderno, che riguarda in specifico la scienza, e che è in qualche senso analogo a quello tradizionale. Il dibattito concerne una posizione chiamata «realismo scientifico» e la sua conversa chiamata «anti-realismo» o «strumentalismo». D'ora in avanti useremo le parole «realismo» e «realista» per indicare rispettivamente, il realismo scientifico e il realista scientifico.

1. *Realismo scientifico e anti-realismo.*

Come molti «ismi» filosofici, il realismo scientifico si presenta in molte versioni differenti, e non può quindi essere definito in modo completamente preciso. L'idea di base, però, è chiara: i realisti affermano che lo scopo della scienza è fornire una descrizione vera del mondo. Questa potrebbe apparire una dottrina del tutto innocente, dato che nessuno certamente pensa che la scienza miri a produrre una descrizione falsa del mondo. Ma non è questo che pensano gli anti-realisti. Essi sostengono piuttosto che la scienza si prefigge una descrizione vera di una certa parte del mondo – quella «osservabile». Quando si tratta della parte «inosservabile» del mondo, non fa differenza se quello che la scienza dice è vero o falso, secondo gli anti-realisti.

Che cosa intendono esattamente gli anti-realisti quando parlando della parte osservabile del mondo? Essi intendono il mondo quotidiano di tavoli e sedie, alberi e animali, provette e becchi di Bunsen, temporali e tempeste di neve, e cosí via. Cose come queste possono essere percepite direttamente dagli esseri umani – ecco cosa significa chiamarle osservabili. Alcuni settori della scienza hanno a che fare esclusivamente con oggetti che sono osservabili. Un esempio è la paleontologia, o lo studio dei fossili: i fossili sono facilmente osservabili – chiunque abbia una vista normale può vederli. Ma altre scienze fanno affermazioni sulla regione inosservabile della realtà. L'esempio ovvio è la fisica; essa avanza teorie sugli atomi, gli elettroni, i quark, i leptoni, e altre strane particelle, nessuna delle quali può essere osservata nel senso normale della parola. Entità di questo tipo si trovano al di là dei poteri di osservazione degli esseri umani.

Realisti e anti-realisti non sono in disaccordo rispetto a scienze come la paleontologia. Finché si sta parlando dello studio dei fossili, la tesi realista che la scienza mira a descrivere veridicamente il mondo e quella anti-realista secondo cui essa mira a descrivere veridicamente il mondo osservabile ovviamente coincidono, dato che i fossili sono

osservabili. Ma quando si passa a scienze come la fisica, i realisti e gli anti-realisti sono in disaccordo. I primi dicono che quando i fisici propongono teorie circa gli elettroni e i quark stanno cercando di fornire una descrizione vera del mondo subatomico, proprio come i paleontologi cercano di fornire descrizioni vere del mondo dei fossili. I secondi dissentono: essi vedono una differenza fondamentale tra le teorie della fisica subatomica e della paleontologia.

Che cosa pensano gli anti-realisti che stiano *facendo* i fisici quando parlano di entità inosservabili? Tipicamente essi affermano che queste entità sono utili finzioni, introdotte dai fisici per favorire la predizione dei fenomeni osservabili. Come illustrazione consideriamo la teoria cinetica dei gas, che afferma che ogni volume di gas contiene una un gran numero di piccolissime entità in movimento. Queste entità – molecole – non sono osservabili. Partendo dalla teoria cinetica possiamo dedurre molte conseguenze circa il comportamento osservabile dei gas che sono verificabili sperimentalmente, per esempio che scaldare un campione di gas causerà la sua espansione, se la pressione rimane costante. Secondo l'anti-realista, il solo scopo del postulare entità inosservabili all'interno della teoria cinetica è dedurre questo tipo di conseguenze. Se i gas contengano *davvero* molecole in movimento non importa; lo scopo della teoria cinetica non è descrivere veridicamente i fatti nascosti, ma solo offrire un modo vantaggioso di predire le osservazioni. Possiamo capire ora perché l'anti-realismo è talvolta chiamato «strumentalismo» – considera le teorie scientifiche come strumenti per aiutarci nella predizione dei fenomeni osservativi, invece che tentativi di descrivere la natura sottostante della realtà.

Dato che il dibattito tra realismo e anti-realismo concerne la scienza, qualcuno potrebbe pensare che per risolverlo basterebbe chiedere agli scienziati stessi. Perché non fare un sondaggio tra gli scienziati che li interroghi circa i loro scopi? Questo suggerimento però non coglie il nocciolo della questione – prende troppo alla lettera l'espressione «lo scopo della scienza». Quando ci chiediamo quale sia lo scopo della scienza non ci chiediamo quale sia lo scopo dei singoli scienziati; ci interroghiamo piuttosto sul

modo migliore di dar senso a ciò che essi dicono e fanno – su come interpretare l'impresa scientifica. I realisti pensano che dovremmo interpretare tutte le teorie scientifiche come tentativi di descrizione della realtà; gli anti-realisti pensano che questa interpretazione sia inappropriata per quelle teorie che parlano di entità e processi non osservabili. Sarebbe certamente interessante scoprire l'opinione degli scienziati sul dibattito realismo/anti-realismo, ma la questione è in ultima analisi filosofica.

Molta della motivazione in favore dell'anti-realismo nasce dalla convinzione che non possiamo effettivamente avere conoscenza della parte non osservabile della realtà – essa si trova al di là della portata umana. Secondo questa prospettiva, i limiti della conoscenza scientifica sono fissati dai nostri poteri di osservazione. Cosí la scienza ci può dare conoscenza di fossili, alberi e cristalli di zucchero, ma non di atomi, elettroni e quark – dato che questi ultimi sono inosservabili. Questa posizione non è immediatamente implausibile: mentre nessuno può mettere sensatamente in dubbio l'esistenza dei fossili e degli alberi, lo stesso non vale per gli atomi e gli elettroni. Come abbiamo visto nel capitolo precedente, nel tardo Ottocento molti autorevoli scienziati dubitavano effettivamente dell'esistenza degli atomi. Naturalmente, chiunque accetti questa prospettiva deve dare qualche spiegazione sul *perché* gli scienziati avanzano teorie sulle entità inosservabili, visto che la conoscenza scientifica sarebbe limitata a ciò che può essere osservato. La spiegazione degli anti-realisti è che esse sono utili finzioni, ideate per aiutare la predizione del comportamento di ciò che accade nel mondo osservabile.

I realisti non sono d'accordo con chi sostiene che la conoscenza scientifica è limitata dai nostri poteri di osservazione, al contrario essi credono che noi abbiamo una significativa conoscenza della realtà inosservabile. C'è infatti ogni ragione di credere che le nostre migliori teorie siano vere, e queste teorie parlano di entità inosservabili. Consideriamo per esempio la teoria atomica della materia, la quale dice che ogni materia è fatta di atomi. La teoria atomica è in grado di spiegare una grande quantità di fatti sul mondo. Secondo i realisti, ciò offre buone evidenze in fa-

vore della verità della teoria, ovvero della tesi secondo cui la materia è realmente composta di atomi, che si comportano nel modo descritto dalla teoria. Naturalmente la teoria *potrebbe* essere falsa, malgrado la manifesta evidenza in suo favore, ma questo vale per tutte le teorie. Solo perché gli atomi sono inosservabili, non c'è ragione per interpretare la teoria atomica come qualcosa di diverso da un tentativo di descrizione della realtà – e, in tutta probabilità, un tentativo molto ben riuscito.

A rigore, dovremmo distinguere due tipi di anti-realismo. Secondo il primo, il riferimento a entità non osservabili non va preso in alcun modo alla lettera. Cosí, quando uno scienziato propone, per esempio, una teoria sugli elettroni, non dovremmo interpretarlo come se asserisse l'esistenza di entità chiamate «elettroni»; il suo parlare di elettroni sarebbe invece metaforico. Questa forma di anti-realismo fu popolare nella prima metà del XX secolo, ma oggi pochi la sostengono. La sua motivazione derivava da una dottrina nell'ambito della filosofia del linguaggio secondo la quale non è possibile compiere asserzioni dotate di significato intorno a cose che in linea di principio non possono essere osservate – una dottrina accettata da pochi filosofi contemporanei. Il secondo tipo di anti-realismo accetta che il riferimento a entità inosservabili vada preso alla lettera: se una teoria afferma che gli elettroni hanno carica negativa, allora è vera se gli elettroni esistono e hanno carica negativa, ma falsa altrimenti. Noi però, dice l'anti-realista, non sapremo mai quale ipotesi è corretta; quindi l'atteggiamento migliore circa le asserzioni degli scienziati sulla realtà inosservabile è di totale agnosticismo. Esse sono o vere o false, ma noi siamo incapaci di scoprire quale opzione sia giusta. La maggioranza degli anti-realisti moderni è di questo tipo.

2. *L'argomento «niente miracoli».*

Molte teorie che postulano entità inosservabili hanno *successo empirico* – esse avanzano predizioni eccellenti circa il comportamento degli oggetti del mondo osservabile

La teoria cinetica dei gas sopra citata ne è un esempio, e ce ne sono parecchi altri. Inoltre molte teorie di questo tipo hanno importanti applicazioni tecnologiche. Per esempio, la tecnologia del laser si basa su una teoria che concerne quello che accade quando gli elettroni in un atomo vanno da stati di maggiore a stati di minore energia. E i laser funzionano: ci permettono di correggere la vista, di attaccare il nemico con missili guidati, e di fare molte altre cose ancora. La teoria sottostante alla tecnologia del laser ha quindi un grandissimo successo empirico.

Il successo empirico di teorie che postulano entità non osservabili è la base di uno degli argomenti piú forti in favore del realismo scientifico, chiamato l'argomento «niente miracoli». Esso afferma che sarebbe una coincidenza straordinaria se una teoria che parla di atomi ed elettroni facesse predizioni accurate riguardo al mondo osservabile – a meno che non esistano effettivamente atomi ed elettroni. Se non esistono atomi ed elettroni, che cosa spiega la stretta corrispondenza tra la teoria e i dati osservativi? Analogamente, che cosa spiega i progressi tecnologici a cui siamo giunti grazie alle nostre teorie, se non la supposizione che esse sono vere? Se gli atomi e gli elettroni sono solo «utili finzioni», come affermano gli anti-realisti, allora come mai i laser funzionano? Da questo punto di vista, essere anti-realista è simile al credere ai miracoli. Dato che è certamente meglio non credere nei miracoli se esiste un'alternativa non-miracolosa, dovremmo essere realisti e non anti-realisti.

Questo argomento non mira a *dimostrare* che il realismo è giusto e l'anti-realismo sbagliato. Si tratta piuttosto di un argomento basato sulla plausibilità – un'inferenza verso la spiegazione migliore. Il fenomeno da spiegare è il fatto che molte teorie che postulano entità inosservabili godono di un alto livello di successo empirico. La spiegazione migliore di tale fatto, dicono i sostenitori dell'argomento «niente miracoli», è che le teorie sono vere – le entità in questione esistono davvero, e si comportano proprio come descritto dalle teorie. A meno che non accettiamo questa spiegazione, il successo empirico delle nostre teorie è un miracolo privo di spiegazione.

Gli anti-realisti hanno replicato all'argomento «niente miracoli» in vari modi. Una risposta fa appello a certi fatti circa la storia della scienza: storicamente vi sono molti casi di teorie che ora sappiamo essere false, ma che ebbero molto successo empirico ai loro tempi. In un celebre articolo, il filosofo della scienza Larry Laudan elenca piú di trenta teorie di questo tipo, tratte da un ventaglio di epoche e discipline. La teoria della combustione basata sul flogisto è uno dei suoi esempi. La teoria, che fu ampiamente accettata fino alla fine del Settecento, sosteneva che la combustione di qualsiasi oggetto rilasciava nell'atmosfera una sostanza chiamata «flogisto». La chimica moderna ci dice che questo è falso: non esiste una sostanza come il flogisto; la combustione avviene piuttosto quando gli oggetti reagiscono con l'ossigeno dell'aria. Malgrado la non esistenza del flogisto, la teoria basata su di esso godeva però di un notevole successo empirico: rendeva conto in modo ragionevolmente buono dei dati osservativi disponibili a quel tempo.

Considerazioni di questo tipo suggeriscono che l'argomento «niente miracoli» in favore del realismo scientifico corre un po' troppo. I suoi sostenitori considerano il successo empirico delle teorie contemporanee come prova della loro verità. Ma la storia della scienza mostra che spesso teorie empiricamente valide si sono rivelate successivamente false. Come sappiamo quindi che lo stesso destino non attende le teorie odierne? Come sappiamo, per esempio, che la teoria atomica della materia non farà la stessa fine della teoria del flogisto? Una volta che diamo alla storia della scienza l'attenzione che merita, afferma l'anti-realista, vediamo che l'inferenza dal successo empirico alla verità è molto precaria. L'atteggiamento razionale nei riguardi della teoria atomica è cosí di agnosticismo: può essere o può non essere vera. Noi semplicemente non lo sappiamo, dice l'anti-realista.

Questa è una replica formidabile all'argomento «niente miracoli», ma non è completamente decisiva, e alcuni realisti hanno risposto modificando un poco la loro tesi. Secondo la versione modificata, il successo empirico di una teoria è prova del fatto che quello che essa dice riguardo

agli inosservabili è approssimativamente vero, invece che vero con precisione. Questa affermazione piú debole è meno vulnerabile ai controesempi tratti dalla storia della scienza. È anche piú modesta: permette al realista di affermare che le teorie odierne possono non essere corrette fino al minimo dettaglio, sostenendo però ancora che lo sono a grandi linee. Un altro modo per modificare l'argomento consiste nel raffinare la nozione di successo empirico. Alcuni realisti sostengono che il successo empirico non è soltanto questione di conformarsi ai dati noti, ma piuttosto di essere in grado di predire nuovi fenomeni osservativi, che erano in precedenza sconosciuti. In relazione a questo criterio piú stringente di successo empirico, è meno facile trovare esempi storici di teorie dotate di successo empirico che si sono successivamente rivelate false.

Che queste modificazioni possano realmente salvare l'argomento «niente miracoli» è dubbio. Esse riducono il numero dei controesempi storici, ma non li azzerano. Un controesempio che rimane è quello della teoria ondulatoria della luce proposta inizialmente da Christian Huygens nel 1690. Secondo questa teoria, la luce consiste in vibrazioni ondulatorie in un medium invisibile, chiamato «etere», che si supponeva permeare l'intero universo. (La rivale della teoria ondulatoria era la teoria corpuscolare della luce, preferita da Newton, la quale sosteneva che la luce consiste di piccolissime particelle emesse dalla fonte luminosa). La teoria ondulatoria non venne generalmente accettata finché il fisico francese Auguste Fresnel ne formulò nel 1815 una versione matematica, che usò per predire alcuni nuovi e sorprendenti fenomeni ottici. Gli esperimenti confermarono le previsioni di Fresnel, convincendo molti scienziati ottocenteschi che la teoria ondulatoria della luce doveva essere vera. La fisica moderna ci dice però che tale teoria non è vera: non esiste qualcosa come l'etere, quindi la luce non può essere una sorta di vibrazione dell'etere. Ancora una volta, abbiamo un esempio di una teoria dotata di successo empirico, ma falsa.

La caratteristica importante di quest'esempio è che colpisce anche la versione modificata dell'argomento «niente miracoli». La teoria di Fresnel, infatti, *faceva* previsioni

nuove, e si qualificava quindi come dotata di successo empirico anche secondo la versione piú rigorosa di questa nozione. Ed è difficile vedere come potrebbe essere definita «approssimativamente vera», dato che era incentrata sull'idea di etere, il quale non esiste. Qualunque cosa significhi essere approssimativamente vera per una teoria, una condizione necessaria è di sicuro che le entità di cui parla esistano davvero. In breve, la teoria di Fresnel era dotata di successo empirico anche secondo un'interpretazione ristretta di questa nozione, ma non era neppure approssimativamente vera. La morale della storia, dice l'anti-realista, è che non dovremmo assumere che le teorie scientifiche moderne, semplicemente perché hanno un grande successo empirico, siano anche a grandi linee corrette.

Se l'argomento «niente miracoli» è un buon argomento per il realismo scientifico o no è quindi una questione aperta. Da un lato, come abbiamo visto, si presta a numerose obiezioni; dall'altro c'è in esso qualcosa di intuitivamente convincente: è davvero difficile accettare che gli atomi e gli elettroni potrebbero non esistere, quando si considera lo straordinario successo delle teorie che postulano tali entità. Ma, come ci insegna la storia della scienza, dovremmo essere molto cauti nell'assumere che le nostre attuali teorie scientifiche siano vere, per quanto bene esse si accordino con i dati. Molti hanno fatto quest'assunzione nel passato, e sono risultati in errore.

3. *La distinzione osservabile/inosservabile.*

La distinzione tra le cose che sono osservabili e quelle che non lo sono occupa un posto centrale nel dibattito tra realismo e anti-realismo. Finora l'abbiamo data per scontata – i tavoli e le sedie sono osservabili, gli atomi e gli elettroni no. Ma di fatto essa è molto problematica dal punto di vista filosofico. In verità, uno degli argomenti piú forti a favore del realismo scientifico è che non si può tracciare la distinzione osservabile/inosservabile in modo puntuale.

Perché questo dovrebbe essere un argomento in favore del realismo scientifico? Perché la coerenza dell'anti-reali-

smo dipende in modo cruciale dall'esistenza di una chiara distinzione tra l'osservabile e l'inosservabile. Ricordiamo che gli anti-realisti richiedono un atteggiamento diverso rispetto alle affermazioni scientifiche, a seconda che esse riguardino le parti osservabili o inosservabili della realtà – dovremmo restare agnostici circa la verità delle seconde, ma non delle prime. L'anti-realismo quindi presuppone che si possano dividere le affermazioni scientifiche in due tipi: quelle che vertono su entità e processi osservabili e quelle che non lo fanno. Se risulta che la divisione non può essere fatta in modo soddisfacente, allora l'anti-realismo è in grossa difficoltà, e il realismo vince automaticamente. Questo è il motivo per cui i realisti sono propensi a enfatizzare i problemi associati alla distinzione osservabile/inosservabile.

Uno di questi problemi concerne la relazione tra osservazione e rilevazione. Entità come gli elettroni non sono ovviamente osservabili nel senso usuale, ma la loro presenza può essere rilevata, usando particolari apparati, chiamati rilevatori di particelle. Il piú semplice rilevatore di particelle è la camera a nebbia, che consiste in un contenitore chiuso, riempito con aria saturata di vapore acqueo (fig. 9). Quando delle particelle cariche, come gli elettroni, attraversano questo tipo di camera, esse collidono con gli atomi neutri nell'aria, trasformandoli in ioni; il vapore acqueo si condensa intorno a questi ioni, causando la formazione di goccioline liquide, che possono essere viste a occhio nudo. Possiamo seguire il cammino di un elettrone attraverso la camera a nebbia seguendo le tracce di queste goccioline liquide. Ciò significa che, dopo tutto, gli elettroni possono essere osservati? Molti filosofi direbbero di no: le camere a nebbia ci permettono di rilevare gli elettroni, non di osservarli direttamente. Allo stesso modo i jet ad alta velocità possono essere rilevati dalle tracce di vapore che si lasciano dietro, tuttavia guardare tali tracce non è osservare il jet. Ma è sempre chiaro come distinguere la rilevazione dall'osservazione? Se non lo è, la posizione dell'anti-realista può essere problematica.

In una celebre difesa del realismo scientifico avanzata nei primi anni Sessanta del secolo scorso, il filosofo ameri-

Figura 9.

Una delle prime fotografie che mostrano le tracce di una particella subatomica in una camera a nebbia. La foto venne scattata dall'inventore della camera a nebbia, il fisico inglese C. T. R. Wilson, presso il Cavendish Laboratory, a Cambridge, nel 1911. Le tracce si devono a particelle alfa emesse da una piccola quantità di radio, al vertice di una linguetta metallica inserita nella camera a nebbia. Quando una particella elettricamente carica si muove attraverso il vapore acqueo in una camera a nebbia, essa ionizza il gas, e gocce d'acqua si condensano sugli ioni, producendo così una traccia di goccioline dove è passata la particella.

cano Grover Maxwell pose il seguente problema all'anti-realista. Consideriamo questa sequenza di eventi: guardare qualcosa a occhio nudo, attraverso una finestra, attraverso un paio di occhiali potenti, con un binocolo, con un microscopio a bassa risoluzione, con un microscopio ad alta risoluzione e cosí via. Maxwell argomentò che questi eventi si collocano su una sorta di linea continua; come possiamo quindi decidere che cosa deve essere considerato osservazione e che cosa no? Un biologo può osservare dei microrganismi attraverso un potente microscopio, o deve limitarsi a rilevare la loro presenza, nello stesso senso in cui un fisico può rilevare la presenza di elettroni in una camera a nebbia? Se qualcosa può essere visto solo con l'aiuto di strumenti scientifici sofisticati, conta come osservabile o non osservabile? Quanto deve essere sofisticata la strumentazione prima che si abbia un caso di rilevazione, invece che di osservazione? Non c'è un modo puntuale di rispondere a queste domande, affermò Maxwell, e quindi il tentativo dell'anti-realista di classificare le entità come o osservabili o inosservabili è condannato al fallimento.

L'argomento di Maxwell è rafforzato dal fatto che gli stessi scienziati parlano talvolta di «osservazione» di particelle con l'aiuto di apparati sofisticati. Nella letteratura filosofica gli elettroni sono solitamente intesi come esempi paradigmatici di entità non osservabili, ma gli scienziati sono spesso pronti a parlare della «osservazione» degli elettroni per mezzo di rilevatori di particelle. Naturalmente questo non prova che i filosofi siano in errore, e che gli elettroni sono dopo tutto osservabili, dato che il discorso degli scienziati è probabilmente meglio interpretabile come una *façon de parler*. Analogamente, il fatto che gli scienziati parlino di «dimostrazioni sperimentali» di una teoria non significa che gli esperimenti possano davvero dimostrare che una teoria è vera, come abbiamo visto nel secondo capitolo. Nondimeno, se c'è davvero una distinzione filosoficamente rilevante tra osservabile e inosservabile, come affermano gli anti-realisti, è strano che corrisponda cosí male al modo in cui si esprimono gli scienziati stessi.

Gli argomenti di Maxwell sono forti, ma non sono affatto decisivi. Bas Van Fraassen, un autorevole anti-reali-

sta contemporaneo, afferma che essi provano soltanto che «osservabile» è un concetto vago. Un concetto vago è una nozione che ha casi di confine – casi di cui non si può dire in modo chiaro né che cadono né che non cadono sotto il concetto. Un esempio ovvio è «calvo»: poiché la perdita dei capelli è graduale, ci sono molti uomini dei quali è difficile dire se sono calvi o no. Bas Van Fraassen specifica che i concetti vaghi possono essere usati tranquillamente e possono marcare differenze genuine nel mondo. (In realtà la maggior parte dei concetti sono fino a un certo punto vaghi). Nessuno affermerebbe che la distinzione tra uomini calvi e irsuti è irreale o non importante, solo perché «calvo» è un concetto vago. Certamente, se tentiamo di tracciare una linea di separazione netta tra uomini calvi e irsuti, essa sarà arbitraria. Ma nella misura in cui vi sono casi chiari di uomini calvi e casi chiari di uomini che non lo sono, l'impossibilità di tracciare una linea di separazione netta non ha rilevanza: il concetto può essere perfettamente usato, malgrado la sua vaghezza.

Secondo Van Fraassen, lo stesso si applica a «osservabile». Vi sono casi chiari di entità che possono essere osservate, per esempio le sedie, e casi chiari di entità che non lo possono, per esempio gli elettroni. L'argomento di Maxwell mette in luce il fatto che ci sono anche casi di confine, nei quali siamo incerti se le entità in questione possono essere osservate o solo rilevate. Cosí, se cerchiamo di tracciare una linea di separazione netta tra entità osservabili e inosservabili, essa sarà inevitabilmente piuttosto arbitraria. Ma, come nel caso della calvizie, questo non mostra che la distinzione osservabile/inosservabile è in qualche modo irreale o priva d'importanza, perché ci sono casi chiari in entrambe le direzioni. Cosí, afferma Van Fraassen, la vaghezza del termine «osservabile» non causa imbarazzo all'anti-realista, ma stabilisce soltanto un limite superiore alla precisione con cui può formulare la propria posizione.

Quanto è solido questo argomento? Certamente Van Fraassen ha ragione nel sostenere che l'esistenza di casi di confine, e la conseguente impossibilità di tracciare una divisione netta senza arbitrarietà, non prova che la distin-

zione osservabile/inosservabile sia irreale. Fino a questo punto il suo argomento contro Maxwell ha successo. Tuttavia, una cosa è mostrare che esiste una distinzione reale tra osservabile e non osservabile, e un'altra è mostrare che essa può reggere il peso filosofico che gli anti-realisti vogliono porre sulle sue spalle. Si ricordi che gli anti-realisti difendono un atteggiamento di totale agnosticismo sulle affermazioni riguardo la parte inosservabile della realtà - non possiamo sapere se sono vere o meno, essi dicono. Anche se concediamo a Van Fraassen la sua tesi che ci sono casi chiari di entità inosservabili, e che questo è sufficiente all'anti-realista per i suoi scopi, quest'ultimo deve ancora fornire un argomento per pensare che la conoscenza della realtà inosservabile è impossibile.

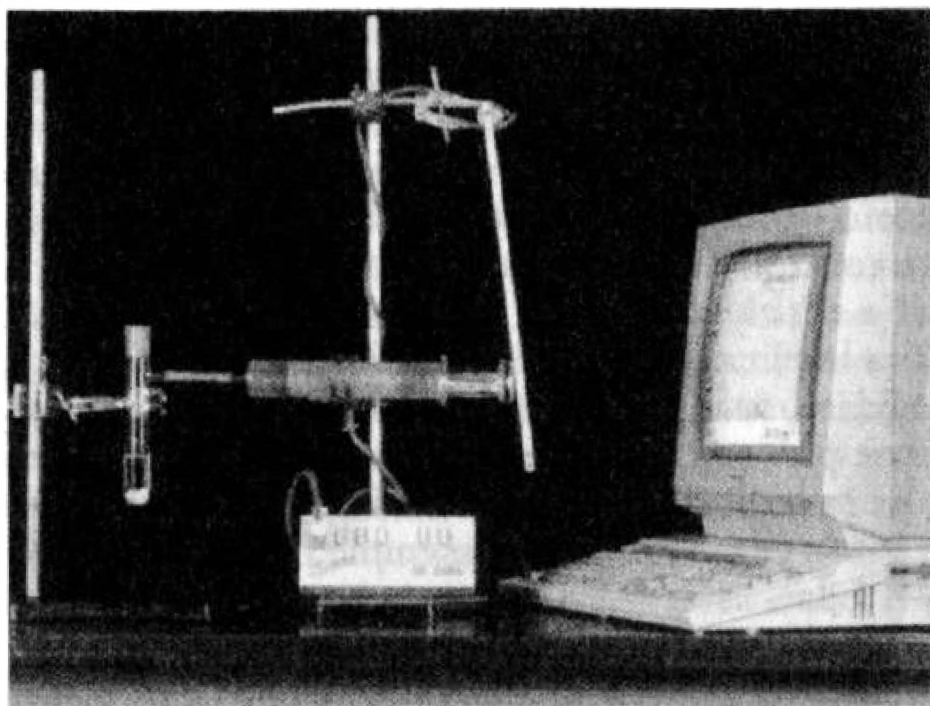
4. *L'argomento della sottodeterminazione.*

Un argomento in favore dell'anti-realismo si concentra sulla relazione tra i dati osservativi degli scienziati e le loro affermazioni teoriche. Gli anti-realisti sottolineano come i dati ultimi a cui le teorie scientifiche devono rimandare hanno sempre un carattere osservativo. (Molti realisti sarebbero d'accordo su questa tesi). Come illustrazione, consideriamo ancora una volta la teoria cinetica dei gas, che afferma che ogni campione di gas è composto da molecole in movimento. Dato che queste molecole sono inosservabili, non possiamo ovviamente controllare la teoria osservando direttamente vari esempi di gas. Dobbiamo piuttosto dedurre dalla teoria qualche asserzione che può essere controllata direttamente, che si riferisca invariabilmente a entità osservabili. Come abbiamo visto, la teoria cinetica implica che un campione di gas si espanderà quando scaldato, se la pressione rimane costante. Questa affermazione può essere controllata empiricamente, osservando quanto indicato dalle parti rilevanti del macchinario di laboratorio (fig. 10). Questo esempio indica una verità generale: i dati osservativi costituiscono la prova finale per le affermazioni circa le entità inosservabili.

Gli anti-realisti argomentano allora che i dati osservati-

vi «sottodeterminano» le teorie scientifiche avanzate sulle loro basi. Che cosa significa ciò? Vuol dire che i dati possono in linea di principio essere spiegati da molte teorie, mutuamente incompatibili. Nel caso della teoria cinetica, gli anti-realisti diranno che *una* possibile interpretazione dei dati osservativi è che i gas contengono un gran numero di molecole in movimento, come afferma la teoria. Ma essi insisteranno nel dire che ci sono anche altre possibili spiegazioni, che sono in conflitto con la teoria cinetica. Cosí, secondo gli anti-realisti, le teorie scientifiche che assumono entità inosservabili sono sottodeterminate dai dati osservativi – ci sarà sempre un certo numero di teorie in competizione che possono render conto dei dati altrettanto bene.

È facile vedere perché l'argomento della sottodeterminazione favorisce una visione anti-realista della scienza. Infatti, se le teorie sono sempre sottodeterminate dai loro dati osservativi, come possiamo mai essere sicuri che una particolare teoria è vera? Supponiamo che uno scienziato

Figura 10.
Un dilatometro per misurare la variazione del volume di un gas al variare della temperatura.

difenda una data teoria circa entità inosservabili, basandosi sulla sua capacità di spiegare un ampio ventaglio di dati osservativi. Interviene un filosofo della scienza anti-realista, e afferma che i dati possono in realtà essere spiegati da numerose teorie alternative. Se l'anti-realista ha ragione, ne segue che la fiducia dello scienziato nella propria teoria è mal riposta: quale ragione avrebbe egli infatti per scegliere la propria teoria invece di una delle alternative? Non dovrebbe lo scienziato ammettere in una simile situazione che non ha idea di quale teoria è vera? La sottodeterminazione conduce in modo naturale alla conclusione anti-realista, che vede l'agnosticismo come l'atteggiamento corretto da prendere nei confronti della regione non osservabile della realtà.

Ma è proprio vero che un certo insieme di dati osservativi può sempre essere spiegato da molte teorie differenti, come afferma l'anti-realista? I realisti di solito rispondono all'argomento della sottodeterminazione insistendo che questa tesi è vera solo in un senso banale e privo di interesse. In linea di principio ci sarà sempre piú di una spiegazione di un dato insieme di osservazioni. Ma, dice il realista, non è affatto detto che tutte queste possibili spiegazioni siano altrettanto buone, dato che, per esempio, una delle teorie potrebbe essere piú semplice delle altre, o potrebbe spiegare i dati in un modo intuitivamente piú plausibile, o potrebbe postulare un numero minore di cause nascoste, e cosí via. Una volta che ammettiamo che vi sono dei criteri per la scelta tra le teorie, i quali si aggiungono alla compatibilità con i dati osservativi, il problema della sottodeterminazione scompare. Anche se i dati che la teoria cinetica spiega possono in linea di principio essere spiegati da teorie alternative, non ne segue che tali alternative offrano spiegazioni altrettanto buone di quelle della teoria cinetica.

Questa risposta all'argomento della sottodeterminazione è rafforzata dal fatto che vi sono relativamente pochi casi reali di sottodeterminazione nella storia della scienza. Se i dati osservativi possono sempre essere spiegati altrettanto bene da molte differenti teorie, come afferma l'anti-realista, dovremmo certamente aspettarci di trovare gli

scienziati in quasi perenne disaccordo tra loro. Ma non è questo ciò che notiamo: in verità, quando esaminiamo i dati storici, la situazione è quasi esattamente l'opposta di quella che la sottodeterminazione ci condurrebbe a prevedere. Lungi dal fronteggiare un gran numero di spiegazioni alternative dei loro dati osservativi, gli scienziati hanno spesso difficoltà nel trovare anche *una sola* teoria che si adatti ai dati in modo adeguato. Questo rafforza la posizione realista, secondo cui la sottodeterminazione è solo una preoccupazione dei filosofi, con poca connessione con l'effettiva pratica scientifica.

È improbabile che gli anti-realisti si lascino impressionare da questa risposta: dopo tutto le preoccupazioni filosofiche sono pur sempre genuine, anche se hanno poche implicazioni pratiche. La filosofia non cambia il mondo, ma questo non significa che non sia importante. E il suggerimento che criteri come la semplicità possano essere usati per scegliere tra teorie in competizione sollecita immediatamente l'ardua questione del perché le teorie piú semplici dovrebbero aver maggior probabilità di essere vere. Abbiamo toccato questo tema nel secondo capitolo. Tipicamente gli anti-realisti concedono che il problema della sottodeterminazione può essere in pratica eliminato, usando criteri come la semplicità per discriminare tra le spiegazioni in competizione dei nostri dati osservativi; ma negano che tali criteri siano indicatori affidabili della verità. Le teorie piú semplici possono essere piú convenienti se dobbiamo lavorarci su, ma non hanno una probabilità intrinseca maggiore di quelle piú complesse. L'argomento della sottodeterminazione, quindi, resta: ci sono sempre molteplici spiegazioni dei nostri dati, noi non abbiamo modo di sapere quale è la spiegazione vera, quindi non possiamo ottenere una conoscenza della realtà inosservabile.

La storia non finisce qui, tuttavia; c'è una replica ulteriore da parte realista. I realisti accusano gli anti-realisti di usare l'argomento della sottodeterminazione in modo selettivo: se lo si applica in modo coerente, dicono, esso elimina non solo la conoscenza del mondo inosservabile, ma anche di gran parte del mondo osservabile. Per capire la ragione di questa affermazione, si noti che molte cose che so-

no osservabili non sono mai osservate di fatto. Per esempio, gran parte degli organismi viventi del nostro pianeta non è mai osservato dagli esseri umani, ma essi sono chiaramente osservabili. O pensiamo a un evento come un grande meteorite che urta la terra: nessuno è mai stato testimone di un simile evento, ma esso è certamente osservabile. Semplicemente si è dato il caso che nessun essere umano fosse al posto giusto nel momento giusto. Solo una piccola frazione di ciò che è osservabile viene di fatto osservata.

Il punto chiave è questo. Gli anti-realisti affermano che la parte inosservabile della realtà giace al di là dei limiti della conoscenza scientifica. Essi concedono quindi che abbiamo conoscenza di oggetti ed eventi che sono osservabili ma *non* osservati. Per esempio, supponiamo che uno scienziato avanzi l'ipotesi che un meteorite abbia colpito la luna nel 1987. Egli cita vari esempi di dati osservativi a supporto della sua ipotesi, per esempio immagini satellitari che mostrano un grande cratere che non era presente prima del 1987. Tuttavia questi dati possono essere spiegati in linea di principio da molte ipotesi alternative – forse è stata un'eruzione vulcanica a causare il cratere, o un terremoto. O forse la macchina fotografica che ha realizzato le immagini satellitari era difettosa, e non esiste alcun cratere. Cosí l'ipotesi dello scienziato è sottodeterminata rispetto ai dati, anche se verte su un evento perfettamente osservabile – un meteorite che colpisce la luna. Se applichiamo l'argomento della sottodeterminazione in modo coerente, dice il realista, siamo obbligati a concludere che possiamo acquisire conoscenza soltanto delle cose che sono state effettivamente osservate.

Si tratta di una conclusione molto implausibile, e non del tipo che un filosofo della scienza desidera accettare, dato che molto di quello che la scienza ci dice riguarda cose che non sono state osservate – si pensi alle ere glaciali, ai dinosauri, alla deriva dei continenti e simili. Dire che la conoscenza del non osservato è impossibile è dire che la maggior parte di quello che passa per conoscenza scientifica non lo è affatto. Naturalmente i realisti scientifici non accettano questa conclusione e la interpretano piuttosto co-

me una prova del fatto che l'argomento della sottodeterminazione è sbagliato. Dato che la scienza ci dà conoscenza di ciò che non è osservato, sebbene le teorie che si riferiscono all'inosservato siano sottodeterminate dai nostri dati, ne segue che la sottodeterminazione non è un ostacolo alla conoscenza. Cosí il fatto che le nostre teorie che vertono sull'inosservabile siano anch'esse sottodeterminate non significa che la scienza non ci può dare conoscenza della regione inosservabile del mondo.

In effetti, i realisti che ragionano in questo modo stanno dicendo che il problema sollevato dall'argomento della sottodeterminazione è semplicemente una versione sofisticata del problema dell'induzione. Sostenere che una teoria è sottodeterminata rispetto ai dati è affermare che ci sono altre teorie che possono dar conto degli stessi dati. Ma questo non è altro che dire che i dati non implicano logicamente la teoria: l'inferenza dai dati alla teoria non è deduttiva. Se la teoria verte su entità inosservabili, oppure osservabili ma non osservate, non fa differenza – la logica della situazione è la stessa in entrambi i casi. Naturalmente, mostrare che l'argomento della sottodeterminazione è solo una versione del problema dell'induzione non vuol dire che esso può allora essere ignorato, dato che c'è scarso consenso sul modo di affrontare il problema dell'induzione, come abbiamo visto nel secondo capitolo. Significa però che non c'è una difficoltà speciale riguardo alle entità inosservabili. Se ci sono problemi nella comprensione di come la scienza ci possa dare la conoscenza di atomi ed elettroni essi sono gli stessi che si presentano anche nella spiegazione di come la scienza ci dà conoscenza degli oggetti ordinari di media taglia.

Capitolo quinto
Cambiamento e rivoluzione nella scienza

Le idee scientifiche cambiano in fretta. Prendete qualsiasi disciplina desideriate e, virtualmente, potete star certi che le teorie attualmente prevalenti nel suo ambito sono molto diverse da quelle di cinquant'anni fa ed estremamente diverse da quelle di cento anni fa. In confronto ad altri settori dell'impresa intellettuale, come la filosofia o l'arte, la scienza è un'attività che cambia rapidamente, e un buon numero di questioni filosoficamente interessanti s'incentrano sul tema del cambiamento scientifico. C'è uno schema riconoscibile nel modo in cui le idee scientifiche cambiano nel tempo? Come dovremmo spiegare l'abbandono di una teoria esistente in favore di una nuova, da parte degli scienziati? Le teorie scientifiche successive sono oggettivamente migliori delle precedenti? La nozione di oggettività ha qui un qualche senso?

La maggior parte delle discussioni moderne di questo tema nasce dal lavoro di Thomas Kuhn, uno storico e filosofo della scienza americano, che nel 1963 pubblicò un libro chiamato *La struttura delle rivoluzioni scientifiche*, indubbiamente l'opera di filosofia della scienza piú influente degli ultimi cinquant'anni. L'impatto delle idee di Kuhn si è avvertito anche in altre discipline accademiche, come la sociologia e l'antropologia, e ha in generale influenzato la cultura intellettuale nel suo insieme. (Il quotidiano «The Guardian» incluse *La struttura delle rivoluzioni scientifiche* nella sua lista dei cento libri piú influenti del XX secolo). Per comprendere perché le idee di Kuhn ebbero conseguenze cosí vaste dobbiamo esaminare brevemente lo stato della filosofia della scienza precedente alla pubblicazione del suo libro.

1. *La filosofia della scienza del positivismo logico.*

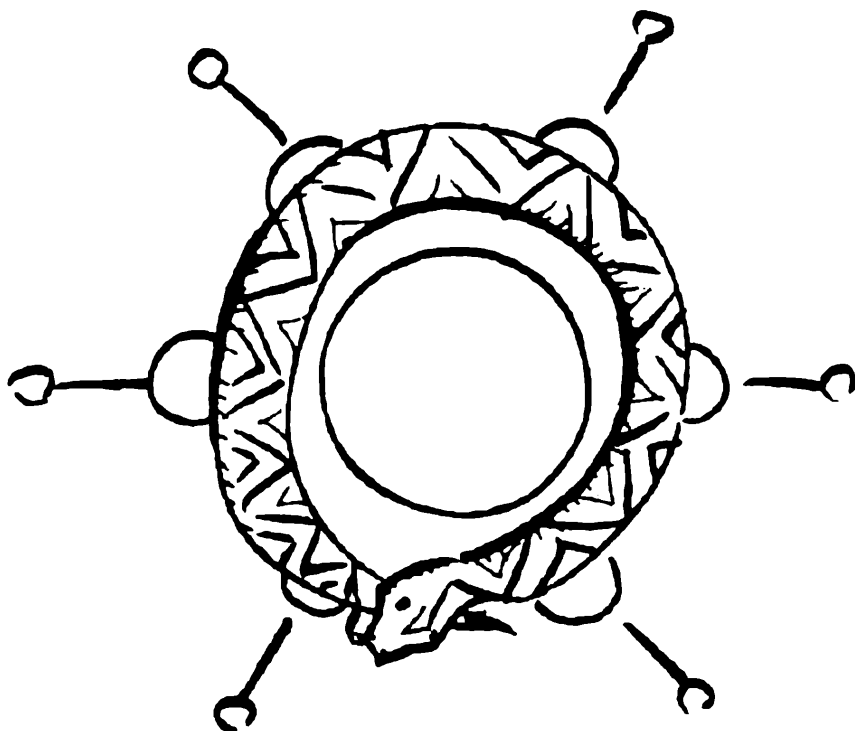
Il movimento filosofico dominante nel mondo di lingua inglese nel dopoguerra fu il «positivismo logico». I positivisti logici furono originariamente un gruppo vagamente unitario di filosofi e scienziati che si riunivano a Vienna negli anni Venti e nei primi anni Trenta, sotto la guida di Moritz Schlick. (Carl Hempel, da noi incontrato nel terzo capitolo, fu in stretta relazione con i positivisti, e lo stesso può dirsi di Karl Popper). Fuggendo alle persecuzioni naziste, molti positivisti emigrarono negli Stati Uniti, dove, insieme ai loro seguaci, esercitarono una profonda influenza sulla filosofia accademica fino alla metà degli anni Sessanta, quando il movimento iniziò a sciogliersi.

I positivisti logici avevano una grandissima considerazione per le scienze naturali, cosí come per la logica e la matematica. I primi anni del XX secolo furono testimoni di straordinari sviluppi, soprattutto in fisica, che li impressionarono moltissimo, e uno dei loro scopi fu di rendere la stessa filosofia «piú scientifica», nella speranza che questo le avrebbe permesso di compiere analoghi progressi. Quello che in particolare della scienza colpiva i positivisti logici era la sua apparente oggettività: a differenza di altri campi dove molto risultava dipendere dalle opinioni soggettive dei ricercatori, essi ritenevano che le questioni scientifiche potessero essere risolte in modo del tutto oggettivo. Tecniche come il controllo sperimentale permettevano allo scienziato di confrontare la propria teoria direttamente con i fatti, giungendo cosí a una decisione circa i suoi meriti informata e non viziata dal pregiudizio. La scienza era dunque per i positivisti il paradigma dell'attività razionale, la strada piú sicura esistente verso la verità.

Malgrado la grande stima che riponevano nella scienza, i positivisti riservavano scarsa attenzione alla sua storia; in realtà credevano che i filosofi avessero poco da imparare dallo studio della storia della scienza. Il motivo era la distinzione che tracciavano tra ciò che chiamavano «il contesto della scoperta» e «il contesto della giustificazione». Il contesto della scoperta si riferisce all'effettivo processo

storico per mezzo del quale uno scienziato arriva a una data teoria. Il contesto della giustificazione si riferisce ai mezzi con i quali gli scienziati cercano di giustificare la propria teoria, una volta che essa è presente – il che include il controllo della stessa, la ricerca delle fonti di prova rilevanti, e cosí via. I positivisti pensavano che la prima attività fosse di tipo psicologico e soggettivo, non governato da regole precise, mentre la seconda era materia oggettiva di logica. Essi ritenevano che i filosofi della scienza dovessero limitarsi allo studio di quest'ultima.

Un esempio può aiutare a chiarire quest'idea. Nel 1865 lo scienziato belga Kekule scoprí che la molecola di benzene ha una struttura esagonale. Apparentemente, egli giunse all'ipotesi della struttura esagonale dopo un sogno nel quale vide un serpente che tentava di mordersi la coda (fig. 11); naturalmente Kekule dovette poi sottoporre a controllo scientifico la sua ipotesi, cosa che fece. Questo è un caso estremo, ma mostra come le ipotesi scientifiche possono essere concepite nei modi piú improbabili – esse non

Figura 11.
Kekule giunse all'ipotesi della struttura esagonale del benzene dopo un sogno in cui vide un serpente che tentava di mordersi la coda.

sono sempre il frutto di un pensiero attento e sistematico. I positivisti direbbero che non fa differenza il modo in cui inizialmente si giunge a un'ipotesi; quello che conta è come la si sottopone a controllo una volta che l'abbiamo – dato che è questo che rende la scienza un'attività razionale. Come Kekule sia arrivato originariamente alla sua ipotesi fu irrilevante; ciò che contò fu il modo in cui la giustificò.

Questa netta distinzione tra scoperta e giustificazione, e la convinzione che la prima sia «soggettiva» e «psicologica», mentre la seconda no, spiega perché l'approccio positivista alla filosofia della scienza sia cosí astorico. Infatti i processi storici effettivi per mezzo dei quali le idee scientifiche cambiano e si sviluppano s'inquadrano bene non nel contesto della giustificazione, ma in quello della scoperta. Quest'ultimo, secondo i positivisti, poteva essere interessante per gli storici o gli psicologi, ma non aveva niente da dire ai filosofi della scienza.

Un altro importante tema della filosofia della scienza positivista era la distinzione tra teorie e fatti osservativi; ciò è connesso alla distinzione osservabile/inosservabile discussa nel capitolo precedente. I positivisti credevano che le dispute tra teorie scientifiche rivali potessero essere risolte in modo perfettamente oggettivo – confrontando direttamente le teorie con fatti osservativi «neutrali», che ogni parte in causa poteva accettare. Essi erano in disaccordo sul modo in cui si sarebbero dovuti caratterizzare con esattezza questi fatti, ma erano incrollabili nel sostenere che esistevano: senza una distinzione chiara tra teorie e fatti osservativi, la razionalità e l'oggettività della scienza sarebbero state compromesse, e i positivisti erano ben determinati nella loro convinzione che la scienza fosse razionale e oggettiva.

2. *La struttura delle rivoluzioni scientifiche*.

Kuhn era uno storico della scienza per formazione, e credeva fermamente che i filosofi avessero molto da imparare dallo studio di questa disciplina. Egli affermò che un'insufficiente attenzione per la storia della scienza aveva con-

dotto i positivisti a formarsi un'immagine dell'impresa scientifica ingenua e poco accurata. Come mostra il titolo del suo libro, Kuhn era particolarmente interessato alle rivoluzioni scientifiche - periodi di grandi sommovimenti in cui le idee scientifiche esistenti sono sostituite da concetti radicalmente nuovi. Esempi di rivoluzione scientifica sono la rivoluzione copernicana in astronomia, quella einsteiniana in fisica e quella darwiniana in biologia. Ciascuna di esse portò a un cambiamento radicale nella visione scientifica del mondo - la sostituzione di un insieme esistente di idee con uno completamento diverso.

Naturalmente le rivoluzioni scientifiche accadono relativamente di rado - per la maggior parte del tempo la scienza non è in uno stato di rivoluzione. Kuhn coniò il termine «scienza normale» per descrivere le attività ordinarie, giorno per giorno, in cui si impegnano gli scienziati quando la loro disciplina non è sottoposta a un cambiamento rivoluzionario. Centrale per la spiegazione kuhniana della scienza normale è la nozione di «paradigma». Un paradigma consiste di due componenti principali: primo, un insieme di assunzioni teoriche fondamentali che tutti i membri di una comunità scientifica accettano in un dato momento; secondo, un insieme di casi «esemplari», di problemi scientifici particolari, che sono stati risolti per mezzo delle citate assunzioni fondamentali, e che appaiono nei manuali della disciplina in questione. Un paradigma però è qualcosa di piú di una mera teoria (anche se talvolta Kuhn usa queste espressioni in modo intercambiabile). Quando gli scienziati condividono un paradigma, essi non sono solo d'accordo su certe proposizioni, essi concordano anche sul modo in cui la futura ricerca scientifica nel loro campo dovrebbe procedere, su quali sono i problemi pertinenti da affrontare, su quali sono i metodi appropriati per risolverli, su come si presenta una soluzione accettabile dei problemi e cosí via. In breve, un paradigma riassume un'intera prospettiva scientifica - una costellazione di assunzioni condivise, credenze e valori che unificano una comunità scientifica e permettono alla scienza normale di aver luogo.

Cos'è implicato esattamente nella scienza normale? Secondo Kuhn si tratta in primo luogo di un'attività di *solu-*

zione di rompicapo. Per quanto successo abbia un paradigma, si confronterà sempre con certi problemi – fenomeni che non è facilmente in grado di spiegare, distanza tra le predizioni della teoria e i fatti sperimentali ecc. Lo scopo dello scienziato normale è di eliminare questi rompicapi minori, operando meno cambiamenti possibile al paradigma. La scienza normale, quindi, è un'attività molto conservatrice – i suoi praticanti non vogliono innescare un terremoto teorico, ma piuttosto sviluppare ed estendere il paradigma esistente. Con le parole di Kuhn: «La scienza normale non ha per scopo quello di trovare novità fattuali o teoriche e, quando ha successo, non ne trova nessuna». Soprattutto Kuhn sottolinea che gli scienziati normali non stanno cercando di sottoporre a *controllo* il paradigma; al contrario essi lo accettano incondizionatamente e sviluppano le loro ricerche all'interno dei limiti da esso stabiliti. Se uno scienziato normale giunge a risultati sperimentali che sono in conflitto con il paradigma, di solito ne concluderà che la tecnica sperimentale è erronea, non che il paradigma è sbagliato. Il paradigma stesso non è negoziabile.

Tipicamente, un periodo di scienza normale dura per decenni, qualche volta persino per secoli. Durante questo intervallo gli scienziati articolano gradualmente il paradigma – mettendolo a punto, completando i dettagli, risolvendo sempre piú rompicapi, estendendo il suo campo di applicazione, e cosí via. Nel corso del tempo, però, vengono scoperte delle *anomalie* – fenomeni che proprio non possono essere riconciliati con le assunzioni teoriche del paradigma, per quanto duramente gli scienziati normali ci si applichino. Quando le anomalie sono poco numerose, si tende semplicemente a ignorarle; ma via via che se ne accumulano sempre di piú, un crescente senso di crisi avvolge la comunità scientifica. La fiducia nel paradigma esistente si spezza, e il processo di scienza normale si interrompe temporaneamente. Ciò segna l'inizio di un periodo di «scienza rivoluzionaria», nella terminologia di Kuhn. Durante tale periodo idee scientifiche fondamentali sono pronte per essere colte. Sono proposte varie alternative al vecchio paradigma, e alla fine se ne afferma uno nuovo. Di solito occorre circa una generazione perché tutti i membri della co

munità scientifica si arrendano al nuovo paradigma – un evento che segna la conclusione della rivoluzione scientifica. L'essenza di una rivoluzione scientifica è quindi il passaggio da un vecchio paradigma a uno nuovo.

La caratterizzazione kuhniana della storia della scienza in termini di lunghi periodi di scienza normale punteggiati da occasionali rivoluzioni scientifiche colpí profondamente molti filosofi e storici della scienza. Un gran numero di casi tratti dalla storia della scienza si adattavano molto bene al modello di Kuhn. Per esempio, quando esaminiamo la transizione dall'astronomia tolemaica a quella copernicana, o dalla fisica newtoniana a quella einsteiniana, sono presenti molti dei caratteri descritti da Kuhn. Gli astronomi tolemaici condividevano realmente un paradigma, basato sulla teoria secondo cui la terra era immobile centro dell'universo, teoria che costituiva la base indiscussa delle loro indagini. Lo stesso è vero per i fisici newtoniani del Sette e Ottocento, il cui paradigma era centrato su meccanica e gravitazione newtoniane. E, in entrambi i casi, la spiegazione di Kuhn su come il vecchio paradigma è sostituito da quello nuovo si applica con grande accuratezza. Ci sono altre rivoluzioni scientifiche che non si adattano allo schema di Kuhn altrettanto bene – per esempio la recente rivoluzione molecolare in biologia. Ciononostante molti credono che la descrizione kuhniana della storia della scienza abbia un notevole valore.

Perché le idee di Kuhn causarono uno sconvolgimento cosí grande? Perché in aggiunta alle sue tesi puramente descrittive circa la storia della scienza, Kuhn avanzò delle tesi filosofiche veramente controverse. Abitualmente pensiamo che quando gli scienziati scambiano la loro teoria corrente con una nuova lo fanno sulla base di prove oggettive. Ma Kuhn argomentò che adottare un nuovo paradigma richiede un qualche atto di fede da parte dello scienziato. Egli ammetteva che uno scienziato poteva avere buone ragioni per abbandonare il vecchio paradigma in favore di uno nuovo; ma insisteva che le ragioni da sole non avrebbero mai potuto *costringere* su basi razionali a un cambio di paradigma. «Il trasferimento di fedeltà da paradigma a paradigma – scrisse – è un'esperienza di conversione che non

può essere forzata». E, nello spiegare il perché un nuovo paradigma conquista rapidamente il suo riconoscimento nella comunità scientifica, Kuhn sottolineò la pressione che gli scienziati esercitano gli uni sugli altri nell'ambito del gruppo dei pari. Se un paradigma ha difensori molto potenti è piú probabile che conquisti un diffuso riconoscimento.

Molti critici di Kuhn furono sgomentati da queste affermazioni. Se infatti i cambiamenti di paradigma avvengono nel modo in cui egli afferma, è difficile vedere come la scienza possa mai essere considerata un'attività razionale. Non si pensa forse che gli scienziati basino le loro credenze su prove e ragioni, e non certo sulla fede e le pressioni dei colleghi? Lo scienziato che si confronta con due paradigmi in competizione non dovrebbe operare un confronto oggettivo tra essi, per stabilire quale ha piú prove a suo favore? Avere una «esperienza di conversione» o lasciarsi persuadere dal piú potente dei propri colleghi scienziati, assomiglia poco a un comportamento razionale. Il modello di Kuhn del cambiamento di paradigma sembra difficile da conciliare con la familiare immagine positivista della scienza come un'attività oggettiva e razionale. Un critico scrisse che secondo Kuhn la scelta nella scienza era «materia da psicologia delle masse».

Kuhn avanzò anche delle tesi controverse circa la direzione complessiva del cambiamento scientifico. Secondo una concezione ampiamente diffusa, la scienza progredisce verso la verità in modo lineare, via via che le idee vecchie e sbagliate sono sostituite da quelle nuove e corrette. Questa visione «cumulativa» della scienza è popolare sia tra gli uomini comuni che tra gli scienziati, ma Kuhn argomentò che essa è storicamente inaccurata e filosoficamente ingenua. Per esempio, egli notò che la teoria della relatività di Einstein per certi aspetti è piú simile alla teoria aristotelica che a quella newtoniana. La storia della meccanica, quindi, non è semplicemente una progressione lineare da ciò che è sbagliato a ciò che è giusto. Inoltre Kuhn mise in questione la sensatezza stessa dell'idea di verità oggettiva. L'idea che esista un insieme prefissato di fatti riguardo al mondo, indipendenti da ogni paradigma, era di dubbia coeren-

za, egli credeva, suggerendo un'alternativa radicale: i fatti riguardo al mondo sono relativi-al-paradigma, e quindi cambiano al variare di quest'ultimo. Se questo suggerimento è corretto, allora non ha alcun senso chiedere se una data teoria corrisponde ai fatti «come sono realmente», né quindi domandarsi se essa è vera oggettivamente. La stessa verità diviene relativa a un paradigma.

3. *L'incommensurabilità e la natura carica-di-teoria dei dati.*

Kuhn aveva due argomenti filosofici principali per queste affermazioni. Primo, egli argomentò che i paradigmi in competizione sono normalmente «incommensurabili» tra loro. Per comprendere questa idea, dobbiamo ricordare che per Kuhn il paradigma di uno scienziato determina la sua intera visione del mondo – egli vede tutto attraverso le lenti del paradigma. Cosí, quando un paradigma esistente è sostituito da un altro in una rivoluzione scientifica, gli scienziati debbono abbandonare l'intera cornice concettuale che usano per dare senso al mondo. In verità, Kuhn afferma perfino, ovviamente in modo alquanto metaforico, che prima e dopo un cambiamento di paradigma gli scienziati «vivono in mondi differenti». Quella di incommensurabilità è l'idea che due paradigmi possono essere cosí diversi da rendere impossibile ogni confronto diretto tra loro – non esiste un linguaggio comune in cui entrambi possono essere tradotti. Come risultato, affermava Kuhn, i proponenti di paradigmi differenti «non riescono a confrontare fino in fondo i reciproci punti di vista».

Questa è un'idea interessante, anche se piuttosto vaga. La teoria dell'incommensurabilità si origina in larga parte dalla convinzione di Kuhn secondo cui i concetti scientifici derivano il proprio significato dalla teoria in cui giocano un ruolo. Cosí, per capire il concetto di massa di Newton, per esempio, dobbiamo comprendere la totalità della teoria newtoniana – i concetti non possono essere spiegati indipendentemente dalle teorie in cui sono inseriti. Questa tesi, chiamata talvolta «olismo», era presa molto sul serio

da Kuhn. Egli affermò che il termine «massa» significa effettivamente qualcosa di diverso per Newton e per Einstein, dato che le teorie in cui esso è inserito sono cosí diverse. Questo implica che Newton ed Einstein stavano in effetti parlando due linguaggi diversi, il che ovviamente complica il tentativo di scegliere tra le loro teorie. Se un fisico newtoniano e uno einsteiniano provassero a intrattenere una discussione razionale, finirebbero col dar vita a un dialogo tra sordi.

Kuhn usò la tesi dell'incommensurabilità sia per rifiutare la concezione secondo cui i cambiamenti di paradigma sono completamente oggettivi, sia per sostenere la sua immagine non cumulativa della storia della scienza. La filosofia della scienza tradizionale non vedeva nessuna eccessiva difficoltà nello scegliere tra teorie in competizione – basta fare un confronto oggettivo tra di loro alla luce delle evidenze disponibili, e decidere quale è migliore. Ma ciò presuppone chiaramente che ci sia un linguaggio comune in cui entrambe le teorie possono essere espresse. Se Kuhn ha ragione e i proponenti del vecchio e del nuovo paradigma sono letteralmente impegnati in un dialogo tra sordi, nessuna spiegazione cosí semplicistica della scelta di paradigma può essere corretta. L'incommensurabilità è ugualmente problematica per l'immagine tradizionale, «lineare», della storia della scienza. Se il vecchio e il nuovo paradigma sono incommensurabili, allora non può essere corretto pensare alle rivoluzioni scientifiche nei termini della sostituzione di idee «sbagliate» con idee «giuste». Infatti, chiamare un'idea giusta e l'altra sbagliata implica l'esistenza di una cornice comune per valutarle, il che è proprio quello che Kuhn nega. L'incommensurabilità implica che il cambiamento scientifico, lungi dall'essere un progresso diretto verso la verità, è in un certo senso privo di direzione: i paradigmi successivi non sono migliori dei precedenti, sono soltanto diversi.

Non furono molti i filosofi convinti dalla tesi di incommensurabilità di Kuhn. Parte del problema era dovuto al fatto che Kuhn affermava che il vecchio e il nuovo paradigma erano *incompatibili*. Si tratta di una tesi molto plausibile, dato che, se non lo fossero stati, non ci sarebbe nem-

meno stata alcuna necessità di scegliere tra loro. E in molti casi l'incompatibilità è evidente – l'affermazione tolemaica che i pianeti ruotano intorno alla terra è ovviamente incompatibile con la tesi copernicana che essi ruotano intorno al sole. Ma, come i critici di Kuhn presto mostrarono, se due cose sono incommensurabili, allora non possono essere incompatibili. Per capire il perché, si consideri la proposizione secondo cui la massa di un oggetto dipende dalla sua velocità: la teoria di Einstein dice che questa proposizione è vera, mentre quella di Newton dice che è falsa. Ma, se è corretta la teoria dell'incommensurabilità, non c'è nessun disaccordo effettivo tra Newton ed Einstein su questo punto, dato che la proposizione in questione significa cose diverse per ciascuno di loro. Solo se la proposizione ha lo *stesso* significato in entrambe le teorie, cioè se non c'è incommensurabilità, c'è un conflitto genuino tra esse. Dato che chiunque (compreso Kuhn) è d'accordo sul fatto che le teorie di Einstein e di Newton sono davvero in conflitto, questa è una ragione forte per guardare con sospetto alla tesi dell'incommensurabilità.

In risposta a obiezioni di questo tipo Kuhn moderò alquanto la propria tesi di incommensurabilità. Egli insistette nel dire che, anche se due paradigmi erano incommensurabili, ciò non significava che fosse impossibile paragonarli tra loro; ciò rendeva soltanto il confronto piú difficile. Una traduzione *parziale* tra i due paradigmi, sostenne Kuhn, poteva essere raggiunta; cosí i sostenitori del vecchio e del nuovo paradigma potevano comunicare fino a un certo punto: essi non erano sempre costretti a parlare senza capirsi. Ma egli continuò a sostenere che una scelta del tutto razionale tra paradigmi era impossibile, poiché, in aggiunta all'incommensurabilità dovuta all'assenza di un linguaggio comune, c'è anche quella che chiamò «incommensurabilità degli standard». L'idea è che i proponenti di paradigmi diversi possono dissentire sugli standard in base ai quali valutarli, su quali problemi un buon paradigma dovrebbe risolvere, sulla natura di una soluzione accettabile di tali problemi, e cosí via. Cosí, anche se essi possono in effetti comunicare, non potranno raggiungere un accordo su quale paradigma è superiore. Con le parole di Kuhn: «si mo-

strerà che ogni paradigma soddisfa i criteri che stabilisce per se stesso, ma è inadeguato nel soddisfare alcuni di quelli che sono imposti dal suo oppositore».

Il secondo argomento di Kuhn era basato su un'idea nota come la natura carica-di-teoria dei dati. Per coglierla, mettiamoci nei panni di uno scienziato che sta cercando di scegliere tra due teorie in conflitto. La cosa naturale da fare è di cercare qualche tipo di dato che decida tra le due – il che è proprio quello che la filosofia della scienza tradizionale raccomandava. Ma ciò sarà possibile soltanto se esistono dati che sono adeguatamente indipendenti dalle teorie, nel senso che lo scienziato li accetterebbe qualunque fosse la teoria che adotta. Come abbiamo visto i positivisti logici credevano nell'esistenza di simili dati neutrali rispetto alla teoria, che potevano fornire una corte d'appello oggettiva alle teorie in competizione. Ma Kuhn argomentò che l'idea della neutralità rispetto alla teoria è un'illusione – i dati sono sempre contaminati da assunzioni teoriche: è impossibile isolare un insieme di dati «puri» che uno scienziato accetterebbe indipendentemente dalle proprie convinzioni teoriche.

La natura carica-di-teoria dei dati aveva per Kuhn due conseguenze importanti. Primo, significava che la scelta tra due paradigmi in competizione non poteva essere risolta dal mero appello ai «dati» o ai «fatti», perché quello che uno scienziato annovera tra i dati, o tra i fatti, dipenderà da quale paradigma accetta. Una scelta perfettamente oggettiva tra due paradigmi non è quindi possibile: non esiste un punto di vista neutrale da cui valutare le tesi di entrambi. Secondo, la stessa idea di verità oggettiva è messa in questione. Infatti, per essere oggettivamente vere le nostre teorie o credenze devono corrispondere ai fatti; ma l'idea di questa corrispondenza ha poco senso, se i fatti stessi sono contaminati dalle teorie. Questo è il motivo che condusse Kuhn alla posizione radicale secondo cui la verità è relativa a un paradigma.

Perché Kuhn pensava che tutti i nostri dati fossero carichi-di-teoria? I suoi scritti non sono del tutto chiari su questo punto, ma si possono quanto meno discernere due linee di argomentazione. La prima è che la percezione è pr

santemente condizionata dalle credenze di sfondo – ciò che vediamo dipende in parte da ciò che crediamo. Cosí, uno scienziato esperto che osservi un qualche tipo di sofisticato apparato di laboratorio vedrà qualcosa di diverso da quello che vede una persona qualunque, dato che lo scienziato ha ovviamente molte credenze intorno all'apparato che mancano alla persona comune. Ci sono un certo numero di esperimenti di psicologia che sembrano mostrare che la percezione è sensibile in questo modo alla conoscenza di sfondo, anche se la loro corretta interpretazione è materia controversa. La seconda linea di argomentazione nota che i resoconti sperimentali e osservativi degli scienziati sono inseriti in un linguaggio altamente teorico. Per esempio uno scienziato potrebbe riportare l'esito di un esperimento dicendo «una corrente elettrica scorre attraverso il filo di rame»; ma è ovvio che questo resoconto sperimentale è carico di una gran quantità di teoria. Esso non sarebbe accettato da uno scienziato che non adottasse le credenze standard intorno alle correnti elettriche, cosí, evidentemente, non è neutrale rispetto alla teoria.

I filosofi si dividono nel valutare i meriti di queste argomentazioni. Da un lato, molti sono d'accordo con Kuhn che la pura neutralità rispetto alla teoria è un ideale irraggiungibile. L'idea positivista di una classe di enunciati che descrivono i dati, del tutto liberi da ogni impegno teorico è rifiutata dalla maggior parte di filosofi contemporanei – non ultimo perché nessuno è riuscito a dire che aspetto avrebbero questi enunciati. Ma non è chiaro se questo comprometta del tutto l'oggettività del cambiamento di paradigma. Supponiamo, per esempio, che un astronomo tolemaico e uno copernicano siano impegnati in un dibattito su quale sia il paradigma migliore. Perché essi possano discutere in modo sensato hanno bisogno di qualche dato astronomico su cui possano concordare. Ma perché questo sarebbe un problema? Essi non possono forse concordare sulla posizione relativa di terra e luna in notti successive, o sull'ora in cui sorge il sole? Ovviamente, se il copernicano insistesse a presentare i dati in un modo che presupponе la verità della teoria eliocentrica, il tolemaico obietterebbe. Ma non c'è ragione per cui il copernicano lo debba

fare. Asserzioni come «il 14 maggio il sole sorge alle 7.10» possono essere accettate da uno scienziato, sia che creda alla teoria geocentrica, sia che creda a quella eliocentrica. Asserzioni di questo genere possono non essere *totalmente* neutrali rispetto alla teoria, ma sono sufficientemente libere da contaminazioni teoriche da essere accettabili dai proponenti di entrambi i paradigmi, il che è quel che conta.

È ancora meno ovvio che la natura carica-di-teoria dei dati ci costringa ad abbandonare la nozione di verità oggettiva. Molti filosofi concorderebbero che questo fenomeno rende difficile vedere come sia possibile la *conoscenza* della verità oggettiva, ma questo non significa che il concetto stesso sia incoerente. Parte del problema risiede nel fatto che, come molte persone diffidenti riguardo al concetto di verità, Kuhn non riuscí ad articolare una valida alternativa. Alla fine è difficile dar senso alla concezione radicale secondo cui la verità è relativa al paradigma: essa, infatti, come tutte le altre dottrine relativistiche, si trova a fronteggiare un problema critico. Consideriamo la domanda: l'affermazione che la verità è relativa-al-paradigma è *essa stessa* oggettivamente vera, o no? Se i sostenitori del relativismo rispondono «sí», essi hanno ammesso che il concetto di verità oggettiva ha senso, e si sono cosí contraddetti. Se rispondono «no», allora non hanno modo di discutere con qualcuno che dissente, e che dice che a suo parere la verità *non* è relativa-al-paradigma. Non tutti i filosofi pensano che questo argomento sia fatale al relativismo, ma esso suggerisce che abbandonare il concetto di verità oggettiva è piú facile a dirsi che a farsi. Kuhn senza dubbio ha sollevato alcune obiezioni significative alla visione tradizionale della storia scienza come una semplice progressione lineare, ma l'alternativa relativistica che ha offerto al suo posto non è certo priva di problemi.

4. *Kuhn e la razionalità della scienza.*

La struttura delle rivoluzioni scientifiche è scritto con un tono molto radicale; Kuhn dà l'impressione piena di voler sostituire le idee filosofiche comuni circa il cambiamento

teorico nella scienza con una concezione completamente nuova. La sua dottrina dei mutamenti di paradigma, dell'incommensurabilità e della natura carica-di-teoria dei dati sembra del tutto in contrasto con la visione positivista della scienza come impresa razionale, oggettiva e cumulativa. Con buone ragioni, una gran parte dei primi lettori di Kuhn lo interpretò come se dicesse che la scienza è un'attività interamente non razionale, caratterizzata dall'aderenza dogmatica a un paradigma durante i periodi normali, e da improvvise «esperienze di conversione» nei periodi rivoluzionari.

Kuhn fu però insoddisfatto di questa interpretazione della sua stessa opera. In un Poscritto alla seconda edizione de *La struttura delle rivoluzioni scientifiche* pubblicata nel 1970, e in scritti successivi, egli moderò il suo tono in modo considerevole – e accusò alcuni dei suoi primi lettori di avere mal interpretato le sue intenzioni. Il suo libro non era un tentativo di mettere in dubbio la razionalità della scienza, affermò, ma piuttosto di offrire un'immagine piú realista e storicamente accurata di come la scienza si sviluppa effettivamente. Nel trascurare la storia della scienza i positivisti erano stati condotti a una spiegazione eccessivamente semplicistica, in verità idealistica, di come funziona la scienza, e lo scopo di Kuhn era semplicemente di fornire un correttivo. Egli non stava cercando di mostrare che la scienza era irrazionale, ma piuttosto di fornire una spiegazione migliore di che cosa la razionalità scientifica comporta.

Alcuni commentatori considerano il Poscritto di Kuhn come un semplice voltafaccia – una ritirata dalla sua posizione originaria, piuttosto che una sua chiarificazione. Se questa valutazione sia giusta o meno non è qualcosa di cui ci occuperemo in questa sede. Ma il Poscritto mette in luce una questione importante: nel rigettare l'accusa di aver descritto il cambiamento di paradigma come non razionale, Kuhn fece la famosa affermazione secondo cui «non c'è un algoritmo» per la scelta di una teoria nella scienza. Che cosa significa ciò? Un algoritmo è un insieme di regole che permette di calcolare la risposta a una particolare domanda. Per esempio, un algoritmo per la moltiplicazione è un

insieme di regole che, quando applicato a qualsiasi coppia di numeri, ci dice il loro prodotto. (Quando impariamo l'aritmetica alle scuole elementari, noi di fatto impariamo algoritmi per l'addizione, la sottrazione, la moltiplicazione e la divisione). Cosí un algoritmo per la scelta di una teoria è un insieme di regole che, quando è applicato a una coppia di teorie in competizione, ci dice quale delle due dovremmo scegliere. Molta della filosofia positivista era in effetti impegnata a sostenere l'esistenza di un simile algoritmo. I positivisti spesso scrivevano come se, dato un insieme di dati e due teorie in competizione, i «principî del metodo scientifico» potessero essere usati per determinare quale teoria era superiore. Quest'idea era implicita nella loro convinzione che sebbene la scoperta fosse una questione di psicologia, la giustificazione era questione di logica.

L'insistenza di Kuhn circa la non esistenza di un algoritmo per la scelta di una teoria è quasi certamente corretta. Nessuno infatti ha mai avuto successo nel produrre un algoritmo simile. Un gran numero di filosofi e scienziati hanno avanzato suggerimenti plausibili su cosa cercare nelle teorie – semplicità, ampiezza di applicazione, stretta corrispondenza con i dati e cosí via. Ma questi suggerimenti sono molto lontani dal fornire un vero algoritmo, come Kuhn sapeva bene. Per dirne una, ci può essere una negoziazione: la teoria uno può essere piú semplice della teoria due, ma la teoria due può adattarsi meglio ai dati. Cosí, un elemento di giudizio soggettivo, o di buon senso scientifico, sarà spesso necessario per decidere tra le teorie in competizione. Vista in questa luce, la proposta di Kuhn, che l'adozione di un nuovo paradigma comporta un qualche atto di fede, non sembra poi cosí radicale, e lo stesso può dirsi per la sua enfasi sul ruolo giocato dalla capacità persuasiva dei difensori del paradigma nel determinare le sue possibilità di affermarsi entro la comunità scientifica.

La tesi secondo cui non esiste un algoritmo per la scelta teorica offre sostegno a una visione del modello kuhniano che non interpreta i cambiamenti di paradigma come un assalto alla razionalità della scienza: possiamo invece leggere Kuhn come se rifiutasse una data concezione della razionalità. I positivisti credevano, in effetti, che *deve* esistere

un algoritmo per la scelta tra teorie, pena la natura irrazionale del cambiamento scientifico. Non si tratta per nulla di una concezione assurda: molti casi paradigmatici di azione razionale implicano regole o algoritmi. Per esempio, se volete decidere se un bene costa meno in Inghilterra o in Giappone, applicate un algoritmo per convertire le sterline in yen; ogni altro modo per decidere in merito è irrazionale. Analogamente, se uno scienziato cerca di decidere tra due teorie in competizione, la tentazione è di pensare che l'unico modo razionale di procedere sia applicare un algoritmo per la scelta teorica. Ne consegue che, se poi si scopre che un simile algoritmo non esiste, come è molto probabile che sia, siamo di fronte a due opzioni. O concludiamo che il cambiamento scientifico è irrazionale *oppure* che la concezione positivista della razionalità chiede troppo. Nel Poscritto Kuhn suggerisce che è quest'ultima la lettura corretta della sua opera. La conclusione a cui giunge la sua opera non è che i cambiamenti di paradigma sono irrazionali, ma piuttosto che per dar loro un senso occorre una nozione di razionalità piú elastica, non-algoritmica.

5. *L'eredità di Kuhn.*

Malgrado la loro natura controversa, le idee di Kuhn trasformarono la filosofia della scienza; ciò si deve in parte al fatto che Kuhn mise in dubbio molte assunzioni che tradizionalmente erano state date per scontate, costringendo i filosofi a confrontarsi con esse, e in parte al fatto che egli risvegliò l'attenzione su un ventaglio di questioni che la filosofia della scienza tradizionale aveva semplicemente ignorato. Dopo Kuhn, l'idea che i filosofi si possono permettere di ignorare la storia della scienza apparve sempre meno sostenibile, cosí come l'idea di una dicotomia netta tra contesto della scoperta e contesto della giustificazione. I filosofi della scienza contemporanei dedicano alla storia della scienza un'attenzione molto maggiore dei loro antenati pre-kuhniani. Anche coloro che non condividono le sue idee piú radicali ammetterebbero che da questo punto di vista la sua influenza è stata positiva.

Un'altra importante conseguenza dell'opera di Kuhn è l'aver focalizzato l'attenzione sul contesto sociale in cui la scienza si sviluppa, qualcosa che la filosofia della scienza tradizionale ignorava. La scienza è per Kuhn un'attività intrinsecamente sociale: l'esistenza di una comunità scientifica, tenuta insieme dall'adesione a un paradigma condiviso, è un prerequisito per la pratica della scienza normale. Kuhn dedicò anche una considerevole attenzione al modo in cui la scienza è insegnata nelle scuole e nelle università, a come i giovani scienziati sono accolti nella comunità scientifica, a come sono pubblicati i risultati scientifici, e ad altre simili tematiche «sociologiche». Non sorprende che le sue idee siano state molto influenti presso i sociologi. In particolare, un movimento noto come «il programma forte» nella sociologia della scienza, emerso in Gran Bretagna negli anni Settanta del secolo scorso, deve molto a Kuhn.

Il programma forte s'incentrava sull'idea che la scienza dovrebbe essere concepita come un prodotto della società in cui è praticata. I sociologi del programma forte presero quest'idea molto alla lettera: sostennero che le convinzioni degli scienziati erano in larga misura socialmente determinate. Cosí, per spiegare perché uno scienziato credeva in una certa teoria, essi avrebbero citato, per esempio, aspetti del suo contesto sociale e culturale. Le ragioni fornite dallo scienziato stesso per render conto della sua adesione alla teoria non erano mai sufficienti, essi affermavano. Il programma forte attinse a molte tematiche kuhniane, incluse la natura carica-di-teoria dei dati, la concezione della scienza come un'impresa essenzialmente sociale, e l'idea che non esiste un algoritmo per la scelta teorica. Ma esso fu piú radicale di Kuhn, e meno cauto; i suoi proponenti rifiutarono apertamente l'idea di verità oggettiva e di razionalità, che consideravano ideologicamente sospette, e guardarono alla filosofia della scienza tradizionale con grande diffidenza. Ciò condusse a una certa tensione tra sociologi e filosofi della scienza, che continua ancora oggi.

In un ambito piú ampio, l'opera di Kuhn ha avuto un ruolo nel sorgere del «relativismo culturale» nelle scienze umane e sociali. Il relativismo culturale non è una dottrina dai confini definiti, ma l'idea centrale è che non esiste

qualcosa come la verità assoluta - la verità è sempre relativa a una cultura particolare. Noi possiamo pensare che la scienza occidentale affermi la verità riguardo al mondo, ma i relativisti culturali direbbero che altre culture e altre società, per esempio gli americani indigeni, hanno le loro verità. Come abbiamo visto, Kuhn adottò effettivamente idee relativistiche, tuttavia c'è una certa ironia nel suo aver influenzato il relativismo culturale, dato che esso è normalmente anti-scienza. I relativisti criticano l'alta considerazione in cui è tenuta la scienza nella nostra società, e argomentano che si tratta di una discriminazione nei confronti di sistemi di credenza alternativi che sono altrettanto validi. Ma Kuhn era egli stesso pro-scienza: come i positivisti considerava la scienza moderna come un risultato intellettuale di enorme rilevanza. La sua concezione dei cambiamenti di paradigma, della scienza normale e rivoluzionaria, dell'incommensurabilità e della natura carica-di-teoria dei dati non si poneva come obiettivo di indebolire o criticare l'impresa scientifica, ma piuttosto di aiutarci a meglio comprenderla.

Capitolo sesto
Problemi filosofici in fisica, biologia e psicologia

Le tematiche che abbiamo studiato finora – induzione, spiegazione, realismo e cambiamento scientifico – appartengono a quella che è chiamata «filosofia della scienza generale». Esse trattano della natura dell'impresa scientifica in generale, piuttosto che occuparsi specificamente, diciamo, della chimica o della geologia. Tuttavia esistono molte questioni filosofiche interessanti che sono relative a scienze particolari – appartengono a quella che è chiamata «filosofia delle scienze speciali». Esse di solito dipendono in parte da considerazioni filosofiche e in parte da fatti empirici, ed è questo che le rende cosí interessanti. In questo capitolo esaminiamo tre di queste questioni, rispettivamente tratte dalla fisica, dalla biologia e dalla psicologia.

1. *Leibniz contro Newton sullo spazio assoluto.*

Il nostro primo argomento è un dibattito circa la natura dello spazio e del tempo, intercorso tra Gottfried Leibniz (1646-1716) e Isaac Newton (1642-1727), due dei piú grandi intelletti scientifici del Seicento. Ci concentreremo soprattutto sullo spazio, ma le questioni relative al tempo sono strettamente parallele. Nei suoi celebri *Principî matematici della filosofia naturale*, Newton difese quella che è chiamata una concezione «assolutistica» dello spazio, secondo la quale esso ha un'esistenza «assoluta», al di là e al di fuori delle relazioni spaziali tra gli oggetti. Newton pensava allo spazio come a un contenitore tridimensionale in cui Dio aveva collocato l'universo materiale al momento della creazione. Questo implica che lo spazio esisteva pri-

ma che vi fosse alcun oggetto materiale, semplicemente come un contenitore, come una scatola di cereali esiste prima che vi vengano inseriti i cereali. La sola differenza tra lo spazio e i contenitori ordinari come le scatole di cereali, secondo Newton, è che queste ultime hanno ovviamente dimensioni finite, mentre lo spazio si estende infinitamente in tutte le direzioni.

Leibniz dissentiva con vigore dalla concezione assolutistica dello spazio, e da molti altri aspetti della filosofia di Newton. Egli argomentava che lo spazio consiste semplicemente nella totalità delle relazioni spaziali tra gli oggetti materiali. Esempi di relazioni spaziali sono «sopra», «sotto», «a destra di» e «a sinistra di» – si tratta di relazioni che intercorrono tra gli oggetti materiali. Questa concezione «relazionale» dello spazio implica che prima che vi fossero oggetti materiali lo spazio non esisteva. Leibniz sosteneva che lo spazio cominciò a esistere *quando* Dio creò l'universo materiale; esso non esisteva in precedenza, in attesa di essere riempito dagli oggetti materiali. Cosí non è utile pensare allo spazio come a un contenitore, né in realtà come a un'entità di qualsiasi tipo. La concezione di Leibniz può essere compresa nei termini di una analogia. Un contratto legale consiste in una relazione tra due parti – il compratore e il venditore di una casa, per esempio. Se una delle parti muore, allora il contratto cessa di esistere. Sarebbe cosí insensato dire che il contratto ha esistenza indipendentemente dalla relazione tra il compratore e il venditore – il contratto *è* proprio questa relazione. In modo simile, lo spazio non è nulla al di là e al di fuori delle relazioni spaziali tra gli oggetti.

La ragione principale che spinse Newton a introdurre il concetto di spazio assoluto era distinguere tra moto assoluto e relativo. Il moto relativo è il movimento che un oggetto ha rispetto a un altro. Finché si tratta del moto relativo non ha senso chiedersi se un oggetto si sta «realmente» muovendo o meno – possiamo solo chiederci se si sta muovendo rispetto a qualche altro oggetto. Per illustrare questo punto immaginiamo due corridori che corrono accoppiati lungo una strada diritta. Relativamente a un osservatore che sta in piedi lungo il ciglio della strada en-

trambi sono ovviamente in moto: si stanno allontanando progressivamente. Ma, tra di loro, relativamente l'uno all'altro, i due corridori non sono in moto: la loro posizione relativa rimane esattamente la stessa fino a che continuano a correre nella stessa direzione con la stessa rapidità. Cosí un oggetto può essere in moto relativo rispetto a una cosa, ma essere stazionario rispetto a un'altra.

Newton credeva che oltre al moto relativo esistesse anche quello assoluto, e il senso comune favorisce questa concezione. Infatti, intuitivamente *ha* senso chiedere se un oggetto si sta muovendo «realmente» o no. Immaginiamo due oggetti in moto relativo – diciamo un deltaplano e un osservatore sulla terra. Ora, il moto relativo è simmetrico, cosí come il deltaplano è in moto relativamente all'osservatore, cosí l'osservatore è in moto relativamente al deltaplano. Ma ha certamente senso chiedersi se sono l'osservatore o il deltaplano, o entrambi, che sono «realmente» in moto. Se è cosí, allora abbiamo bisogno del concetto di moto assoluto.

Ma che cosa esattamente *è* il moto assoluto? Secondo Newton è il moto di un oggetto *rispetto allo spazio assoluto stesso*. Newton pensava che in qualsiasi istante ogni oggetto ha una collocazione particolare nello spazio assoluto. Se un oggetto cambia la sua collocazione nello spazio assoluto da un istante all'altro, allora è in moto assoluto; altrimenti si trova in quiete assoluta. Dobbiamo cosí pensare allo spazio come a un'entità assoluta, al di là e al di fuori delle relazioni tra gli oggetti materiali, per distinguere tra moto assoluto e relativo. Si noti come il ragionamento di Newton si basi su un'importante assunzione: egli assume senza discussione che ogni movimento deve essere relativo a qualcosa. Il moto relativo è un moto relativo ad altri oggetti materiali; il moto assoluto è moto relativo allo spazio assoluto stesso. Cosí, in un certo senso, per Newton, anche il moto assoluto è «relativo». In effetti, Newton sta assumendo che essere in moto, tanto assoluto quanto relativo, non può essere un «fatto bruto» riguardo a un oggetto; può essere solo un fatto che verte sulle relazioni dell'oggetto con qualcos'altro. Questo qualcos'altro può essere sia un altro oggetto materiale sia lo spazio assoluto.

Leibniz accettava che vi fosse una differenza tra moto relativo e assoluto, ma negava che quest'ultimo dovesse essere spiegato come movimento rispetto allo spazio assoluto, dato che considerava il concetto di spazio assoluto come incoerente. Egli aveva vari argomenti per questa posizione, molti dei quali erano di natura teologica. Dal punto di vista filosofico, il piú interessante argomento di Leibniz era che lo spazio assoluto è in conflitto con quello che chiamava il principio dell'identità degli indiscernibili (PII). Dato che Leibniz considerava questo principio come indubitabilmente vero, egli rifiutava il concetto di spazio assoluto.

PII afferma che se due oggetti sono indiscernibili allora sono identici, cioè sono in realtà uno e un solo oggetto. Che cosa significa dire che due oggetti sono indiscernibili? Vuol dire che nessuna differenza di alcun genere può essere trovata tra loro – essi hanno esattamente gli stessi attributi. Cosí, se PII è vero, allora qualunque coppia di oggetti genuinamente distinti deve differire in almeno uno dei suoi attributi – altrimenti non sarebbero due, ma uno. PII è molto convincente sul piano intuitivo. Certamente non è facile trovare un esempio di due oggetti distinti che condividono *tutti* i loro attributi. Persino due beni realizzati in una fabbrica per la produzione di massa si differenzieranno normalmente per innumerevoli aspetti, anche se le differenze non possono essere scoperte a occhio nudo. Se PII sia o meno vero in generale è una questione complessa, che i filosofi ancora discutono; la risposta dipende in parte da che cosa conta come «attributo» e in parte da ardue tematiche di fisica quantistica. Ma il nostro interesse per il momento è sull'uso che Leibniz ha fatto di questo principio.

Leibniz fece ricorso a due esperimenti mentali per mostrare il conflitto tra la teoria newtoniana dello spazio assoluto e PII. La sua strategia argomentativa è indiretta: egli assume per amore di discussione che la teoria di Newton sia corretta, poi tenta di mostrare che da questa assunzione segue una contraddizione; dato che le contraddizioni non possono essere vere, Leibniz conclude che la teoria newtoniana deve essere falsa. Ricordiamo che per Newton, in qualsiasi istante di tempo ogni oggetto dell'universo ha una posizione definita nello spazio assoluto. Leibniz ci chie-

de di immaginare due universi differenti, entrambi contenenti esattamente gli stessi oggetti. Nell'universo uno, ciascun oggetto occupa una collocazione particolare nello spazio assoluto. Nell'universo due, ciascun oggetto è stato trasferito in una posizione differente nello spazio assoluto, (per esempio) due miglia piú a est. Non ci sarebbe modo di distinguere questi due universi. Infatti non possiamo osservare la posizione di un oggetto nello spazio assoluto, come lo stesso Newton ammetteva. Tutto quello che osserviamo sono le posizioni degli oggetti *gli uni relativi agli altri*, e queste restano immutate – dato che tutti gli oggetti sono spostati nella stessa misura. Nessuna osservazione o esperimento potrebbe mai rivelarci se viviamo nell'universo uno o in quello due.

Il secondo esperimento mentale è simile. Ricordiamo che per Newton alcuni oggetti si muovono attraverso lo spazio assoluto, mentre altri sono in quiete. Questo significa che in ciascun momento ogni oggetto ha una velocità [*velocity*[1]] assoluta definita. (La velocità è qui intesa come velocità [*speed*] in una direzione specifica, cosí la velocità assoluta di un oggetto è la velocità con cui si muove nello spazio assoluto in una certa direzione. Gli oggetti in quiete assoluta hanno una velocità assoluta uguale a zero). Ora, immaginiamo due differenti universi, contenenti entrambi gli stessi oggetti. Nell'universo uno, ciascun oggetto ha una particolare velocità [*velocity*]. Nell'universo due, la velocità assoluta di ciascun oggetto è stata aumentata di una quantità fissa, diciamo di 300 chilometri all'ora in una direzione specifica. Ancora una volta non potremmo distinguere questi due universi, dato che è impossibile osservare quanto velocemente si muova un oggetto rispetto allo spazio assoluto, come lo stesso Newton ammetteva. Possiamo soltanto osservare quanto velocemente gli oggetti si

[1] L'autore distingue tra *velocity* e *speed*, dove con *velocity* si designa la velocità intesa in senso vettoriale (velocità in una certa direzione), e con *speed* (talvolta reso con «rapidità») si indica il valore assoluto di una data *velocity*, ovvero il modulo del vettore velocità. Per motivi di semplicità, ho usato per entrambe le nozioni il termine italiano «velocità», affidando al contesto il compito di indicare il concetto pertinente. Solo se necessario per evitare le ambiguità, ho segnalato il termine inglese utilizzato [*N.d.T.*].

muovano *relativamente gli uni agli altri* – e queste velocità relative resterebbero invariate, dato che la velocità di ogni oggetto è incrementata esattamente nella stessa misura. Nessuna osservazione o esperimento potrebbe mai rivelarci se viviamo nell'universo uno o in quello due.

In ognuno di questi esperimenti mentali Leibniz descrive due universi che, per ammissione dello stesso Newton, non potremmo mai distinguere – essi sono perfettamente indiscernibili. Ma, per PII, questo significa che i due universi sono in realtà uno. Cosí ne segue che la teoria newtoniana dello spazio assoluto è falsa. Un altro modo di illustrare questo punto è questo: la teoria di Newton implica che c'è una differenza genuina tra l'essere l'universo in una data posizione nello spazio assoluto oppure nel suo spostarsi in un'altra collocazione. Ma Leibniz segnala che questa differenza sarebbe del tutto impossibile da scoprire, a patto che ogni oggetto cambi posizione nella stessa misura. Ma se non si può scoprire alcuna differenza tra due universi, allora essi sono indiscernibili, e PII ci dice che in realtà essi sono lo stesso universo. Cosí la teoria di Newton ha una conseguenza falsa: implica che ci siano due cose, quando ce n'è solo una. Il concetto di spazio assoluto è quindi in conflitto con PII. La logica del secondo esperimento mentale di Leibniz è identica.

In effetti, Leibniz sta argomentando che la nozione di spazio assoluto è una nozione vuota, dato che non fa nessuna differenza osservativa. Perché mai dovremmo credere allo spazio assoluto, se né la posizione degli oggetti nello spazio assoluto, né la loro velocità in una certa direzione rispetto allo spazio assoluto possono essere rilevate? Leibniz si appella al principio del tutto ragionevole, secondo cui dovremmo postulare entità inosservabili nella scienza solo se la loro esistenza implica una qualche differenza che possiamo rilevare osservativamente.

Ma Newton pensava che lo spazio assoluto *avesse* effetti osservativi. Questa è l'essenza del famoso esperimento del «secchio rotante». Egli ci chiede di immaginare un secchio pieno d'acqua sospeso per mezzo di una corda (fig. 12). Inizialmente l'acqua è in quiete relativamente al secchio. Poi la corda è attorcigliata su se stessa parecchie vol-

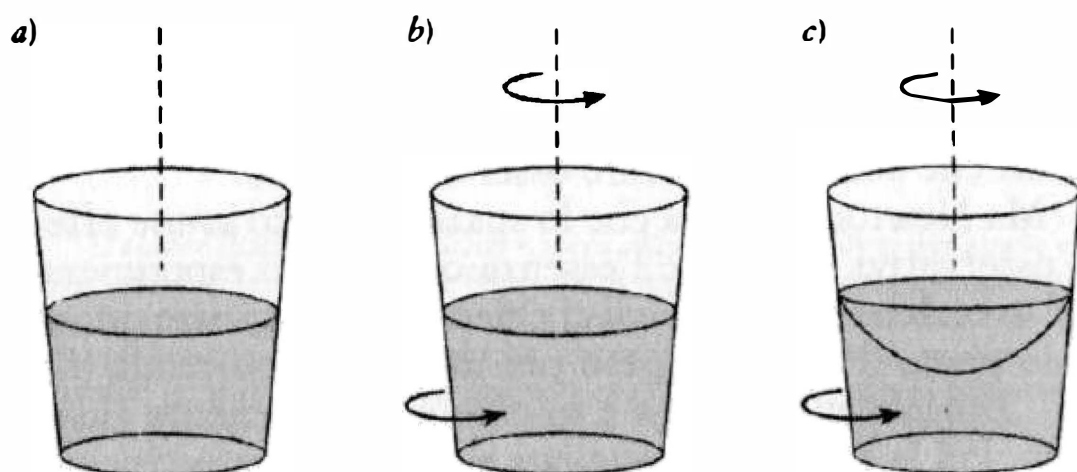
te e lasciata andare. Mentre si srotola, il secchio comincia a ruotare. All'inizio l'acqua nel secchio resta immobile, la sua superficie è piatta; il secchio sta allora ruotando relativamente all'acqua. Ma, dopo pochi istanti, il secchio imprime il suo movimento all'acqua, e l'acqua comincia a ruotare insieme al secchio; il secchio e l'acqua sono quindi di nuovo in quiete relativamente l'uno all'altra. L'esperienza mostra allora che la superficie dell'acqua si curva verso l'alto lungo i bordi, come indica il diagramma.

«Che cosa causa l'innalzamento della superficie dell'acqua?», domanda Newton. Certamente è qualcosa che ha a che fare con la rotazione dell'acqua. Ma la rotazione è un tipo di movimento, e per Newton il movimento di un oggetto è sempre relativo a qualcos'altro. Dobbiamo cosí chiederci: l'acqua sta ruotando relativamente a cosa? Non relativamente al secchio, ovviamente, dato che il secchio e l'acqua stanno ruotando insieme e sono quindi in quiete relativa. Newton afferma che l'acqua ruota relativamente allo spazio assoluto, e che questo causa il curvarsi verso l'alto della sua superficie. Lo spazio assoluto ha cosí effetti osservativi.

Si potrebbe pensare che nell'argomento di Newton c'è un'ovvia lacuna. Assunto che l'acqua non stia ruotando re-

---

Figura 12.

L'esperimento del «secchio rotante» di Newton. Nella fase (*a*) il secchio e l'acqua sono in quiete; nella fase (*b*) il secchio ruota relativamente all'acqua; nella fase (*c*) il secchio e l'acqua ruotano insieme.

lativamente al secchio, perché concludere che deve ruotare relativamente allo spazio assoluto? L'acqua sta ruotando relativamente alla persona che compie l'esperimento, e relativamente alla superficie della terra, e relativamente alle stelle fisse; non è cosí ovvio che uno qualsiasi di questi fatti potrebbe causare il sollevarsi della sua superficie? Ma Newton aveva una replica semplice a questa mossa. Immaginiamo un universo che non contiene nulla, eccetto il secchio rotante. In un simile universo non possiamo spiegare la superficie curva dell'acqua appellandoci alla sua rotazione relativamente ad altri oggetti, dato che non ve ne sono; e, come in precedenza, l'acqua è in stato di quiete rispetto al secchio. Lo spazio assoluto è la sola cosa rimasta in relazione alla quale l'acqua possa ruotare. Cosí dobbiamo credere allo spazio assoluto, sotto pena di non essere in grado di spiegare come mai la superficie dell'acqua si curva.

In effetti, Newton sta dicendo che, sebbene la posizione di un oggetto nello spazio assoluto e la sua velocità [*velocity*] rispetto allo spazio assoluto non possano mai essere individuate, *è* possibile dire se un oggetto sta *accelerando* rispetto allo spazio assoluto. Infatti, quando un oggetto ruota, per definizione sta accelerando, anche se il tasso di rotazione è costante. Questo perché in fisica l'accelerazione è definita come il tasso di cambiamento della velocità, intesa come velocità *in una certa direzione*. Dato che gli oggetti che ruotano cambiano costantemente la direzione del loro movimento, ne segue che la loro velocità in una certa direzione non è costante. Quindi stanno accelerando. La curvatura della superficie dell'acqua è solo un esempio di quelli che si chiamano «effetti inerziali» – effetti prodotti dal moto accelerato. Un altro esempio è la sensazione di essere spinti verso lo schienale del sedile quando un aeroplano decolla. La sola spiegazione possibile degli effetti inerziali, Newton pensava, è che l'accelerazione degli oggetti che sperimentano tali effetti è relativa allo spazio assoluto, dato che in un universo che contiene soltanto l'oggetto che sta accelerando lo spazio assoluto è la sola cosa in relazione alla quale può esistere l'accelerazione.

L'argomentazione di Newton è potente, ma non conclusiva. Come fa infatti Newton a sapere che la superficie

dell'acqua *si curverebbe* verso l'alto, se l'esperimento del secchio rotante fosse eseguito in un universo privo di altri oggetti materiali? Egli assume semplicemente che gli effetti inerziali che riscontriamo in questo mondo resterebbero gli stessi in un mondo privato di qualsiasi ulteriore materia. Si tratta ovviamente di un'assunzione molto impegnativa, e in molti hanno messo in dubbio il diritto di Newton di avanzarla. Cosí la sua argomentazione non dimostra l'esistenza dello spazio assoluto; piuttosto lancia al difensore di Leibniz la sfida del fornire una spiegazione alternativa degli effetti inerziali.

Anche Leibniz affronta la sfida di spiegare la differenza tra moto assoluto e relativo, senza ricorrere allo spazio assoluto. A questo proposito, Leibniz scrisse che un corpo è in movimento vero o assoluto «quando la causa immediata del moto è nel corpo stesso». Ricordiamo il caso del deltaplano e dell'osservatore sulla terra, ciascuno dei quali è in moto relativamente all'altro. Per determinare chi è «realmente» in moto, Leibniz direbbe che dobbiamo decidere se la causa immediata del cambiamento (ovvero del moto relativo) è nel deltaplano, nell'osservatore o in entrambi. Questa soluzione del problema di come distinguere il moto assoluto da quello relativo evita ogni riferimento allo spazio assoluto, ma non è molto chiara. Leibniz non spiega mai adeguatamente che cosa *significa* che la «causa immediata del cambiamento» è in un oggetto. Ma può darsi che intendesse rifiutare l'assunzione di Newton che il moto di un oggetto, sia relativo che assoluto, può soltanto essere un fatto che riguarda le sue relazioni con qualcos'altro.

Uno dei caratteri intriganti della controversia assoluto/relazionale è la sua persistenza. La concezione dello spazio di Newton era legata intimamente alla sua fisica; e le posizioni di Leibniz erano una reazione diretta a quelle newtoniane. Si potrebbe cosí pensare che i progressi compiuti dalla fisica a partire dal Settecento abbiano ormai risolto il problema. Ma questo non è accaduto. Anche se una volta si riteneva in generale che la teoria della relatività di Einstein avesse risolto la questione in favore di Leibniz, in anni recenti questa tesi è stata sottoposta a crescenti at-

tacchi. Piú di trecento anni dopo l'originario dibattito Newton/Leibniz, la controversia infuria ancora.

2. *Il problema della classificazione biologica.*

Classificare o raggruppare i propri oggetti di studio in tipi generali è un'attività che gioca un ruolo in tutte le scienze. I geologi classificano le rocce come ignee, sedimentarie o metamorfiche, in relazione al modo in cui si sono formate. Gli economisti classificano i sistemi di tassazione in proporzionali, progressivi o regressivi, a seconda del loro grado di iniquità. La funzione principale della classificazione è di trasmettere informazione. Se un chimico vi dice che qualcosa è un metallo, ciò vi comunica molto circa il suo probabile comportamento. La classificazione solleva alcune interessanti tematiche filosofiche, la maggioranza delle quali deriva dal fatto che qualsiasi insieme di oggetti può in linea di principio essere classificato in molti modi diversi. I chimici classificano le sostanze in base ai loro numeri atomici, producendo la tavola periodica degli elementi. Ma potrebbero ugualmente classificare le sostanze in base al loro colore, o al loro odore, o alla densità. Come scelgono dunque tra questi modi alternativi di classificazione? C'è un modo «corretto» di classificare? O tutti gli schemi classificatori sono in ultima analisi arbitrari? Queste domande assumono un'urgenza particolare nel contesto della classificazione biologica, o tassonomia, che sarà ciò di cui ci occuperemo ora.

I biologi tradizionalmente classificano piante e organismi usando il sistema linneano, dal nome del naturalista svedese del Settecento Linneo (1707-78) (fig. 13). Gli elementi di base del sistema di Linneo sono immediati e familiari a molti. Prima di tutto gli individui sono assegnati a una *specie*; ciascuna specie è poi assegnata a un *genere*, ciascun genere a una *famiglia*, ciascuna famiglia a un *ordine*, ciascun ordine a una *classe*, ciascuna classe a un *phylum*, e ciascun *phylum* a un *regno*. Sono poi riconosciuti ulteriori livelli intermedi, come *sottospecie*, *sottofamiglia* e *superfamiglia*. La specie è l'unità tassonomica di base; generi, fa-

CAROLI LINNÆI
Naturæ Curiosorum *Dioscoridis Secundi*

SYSTEMA
NATURÆ
IN QUO
NATURÆ REGNA TRIA,
SECUNDUM
CLASSES, ORDINES, GENERA, SPECIES,
SYSTEMATICE PROPONUNTUR.

Editio Secunda, Auctior.

STOCKHOLMIÆ
Apud GOTTFR. KIESEWETTER.
1740.

Figura 13.

Il libro piú famoso di Linneo, il *Systema Naturae*, in cui presenta la sua classificazione di piante, animali e minerali.

miglie, ordini e cosí via sono noti come «taxa superiori». Il nome latino standard per una specie indica il genere a cui la specie appartiene, ma niente di piú. Per esempio, voi e io apparteniamo a *Homo sapiens*, la sola specie sopravvissuta del genere *Homo*. Due delle altre specie di questo genere sono l'*Homo erectus* e l'*Homo abilis*, e sono ora entrambe estinte. Il genere *Homo* appartiene alla famiglia degli Ominidi, che appartiene alla superfamiglia degli Ominoidi, che appartiene all'ordine dei Primati, che fa parte della classe dei Mammiferi, che appartiene al *phylum* dei Cordati, che appartiene al regno Animale.

Si noti che il modo di classificazione linneano è gerarchico: un certo numero di specie è raggruppato in un singolo genere, un certo numero di generi in una singola famiglia, un certo numero di famiglie in un singolo ordine, e cosí via. Cosí, a mano a mano che ci muoviamo verso l'alto, troviamo un numero di taxa che diminuisce a ciascun livello. Alla base ci sono letteralmente milioni di specie, ma al vertice ci sono solo cinque regni: Animali, Piante, Funghi, Batteri e Protoctisti (alghe, alghe marine ecc.). Non tutti i sistemi di classificazione della scienza sono gerarchici. La tavola periodica in chimica è un esempio di classificazione non gerarchica: i differenti elementi chimici non sono collocati in gruppi via via piú inclusivi, come le specie del sistema linneano. Una questione importante che dobbiamo affrontare è quella del *perché* la classificazione biologica dovrebbe essere gerarchica.

Il sistema di Linneo ha ben servito i naturalisti per centinaia di anni e continua a essere usato oggi. In qualche modo questo è sorprendente, dato che le teorie biologiche sono molto cambiate durante questo periodo. La pietra angolare della biologia moderna è la teoria dell'evoluzione di Darwin, la quale afferma che le specie contemporanee discendono da specie ancestrali; questa teoria è in contrasto con la concezione piú antica, ispirata dalla Bibbia, secondo cui ciascuna specie fu creata separatamente da Dio. *L'origine delle specie* di Darwin fu pubblicato nel 1859, ma non fu prima della metà del XX secolo che i biologi cominciarono a chiedersi se la teoria dell'evoluzione dovesse avere qualche influsso sul modo in cui si classificano gli organi-

smi. Negli anni Settanta del secolo scorso erano emerse due scuole tassonomiche rivali, che offrivano delle risposte in conflitto a questa domanda. Secondo i «cladisti», la classificazione biologica deve cercare di riflettere le relazioni evolutive tra le specie, cosí che la conoscenza della storia evolutiva è indispensabile per fare una buona tassonomia. Secondo i «fenetisti» non è cosí: la classificazione può e deve essere totalmente indipendente dalle considerazioni evolutive. Un terzo gruppo, noto come «tassonomisti evoluzionisti» cerca di combinare aspetti di entrambe le posizioni.

Per comprendere la disputa tra cladisti e fenetisti dobbiamo dividere in due parti il problema della classificazione biologica. In primo luogo, c'è il problema di come suddividere gli organismi in specie, noto come «il problema delle specie». Questo problema non è stato affatto risolto, ma nella pratica i biologi sono spesso capaci di trovare un accordo su come delimitare le specie, anche se ci sono casi difficili. In termini generali, i biologi assegnano gli organismi alla stessa specie se possono procreare tra loro, e a specie diverse in caso contrario. In secondo luogo, c'è il problema di come collocare un gruppo di specie in un taxa di livello superiore, problema che ovviamente presuppone la soluzione della questione precedente. Di fatto cladisti e fenetisti sono spesso in disaccordo circa il problema delle specie, ma la loro disputa riguarda principalmente i taxa di livello superiore. Cosí, per il momento ignoreremo il problema delle specie – assumeremo che gli organismi siano stati attribuiti alle specie in modo soddisfacente. La questione è: qual è la prossima mossa? Che principî usiamo per classificare queste specie in taxa superiori?

Per mettere a fuoco la questione si consideri il seguente esempio. Umani, scimpanzé, gorilla, bonobo, orangutan e gibboni sono di solito classificati insieme, come membri della superfamiglia Ominoidi, nella quale però non sono inclusi i babbuini. Perché? Qual è la giustificazione per collocare umani, scimpanzé, gorilla, eccetera in un gruppo che non contiene anche i babbuini? La risposta dei fenetisti è che essi hanno una quantità di caratteristiche che mancano ai babbuini, per esempio l'assenza di coda. Secondo que-

sta concezione le classificazioni tassonomiche si baserebbero sulla *somiglianza* – metterebbero insieme le specie che sono simili per aspetti importanti, ed escluderebbero quelle dissimili. Da un punto di vista intuitivo si tratta di una posizione ragionevole, poiché si adatta bene all'idea che lo scopo della classificazione è di veicolare informazione. Se i gruppi tassonomici sono basati sulla somiglianza, allora sentirsi dire a quale gruppo appartiene un dato organismo ci fornisce molte informazioni circa le sue probabili caratteristiche. Se vi dicono che un dato organismo appartiene alla superfamiglia degli Ominoidi, saprete che non ha una coda. Inoltre molti dei gruppi riconosciuti dalla tassonomia tradizionale sembrano basati sulla somiglianza. Per fare un esempio ovvio, tutte le piante condividono un certo numero di caratteristiche che mancano agli animali; quindi dal punto di vista dei fenetisti è del tutto sensato collocare le piante in un regno e gli animali in un altro.

I cladisti, tuttavia, sostengono che la similarità non dovrebbe contare nulla nella classificazione; quello che conta sono piuttosto le relazioni evolutive tra le specie – note come «relazioni filogenetiche». I cladisti sono d'accordo con l'esclusione dei babbuini dal gruppo che contiene gli umani, i gorilla ecc., ma la giustificazione di ciò non ha nulla a che fare con le somiglianze e le differenze tra le specie. Il punto è che le specie Ominoidi sono legate tra loro in modo molto piú stretto di quanto lo siano individualmente con i babbuini. Che cosa significa esattamente ciò? Significa che tutte le specie Ominoidi condividono un antenato comune, che non è un antenato dei babbuini. Si noti che questo non vuol dire che le specie Ominoidi e i babbuini *non* hanno alcun antenato comune. Al contrario, se si va sufficientemente all'indietro nel corso dell'evoluzione, ogni coppia di specie ha un antenato comune – poiché si presume che tutta la vita sulla terra abbia una singola origine. La questione è piuttosto che l'antenato comune delle specie Ominoidi e del babbuino è anche l'antenato di molte altre specie, per esempio delle varie specie di macaco. Cosí i cladisti argomentano che ogni gruppo tassonomico che contiene le specie Ominoidi e i babbuini deve anche contenere queste altre specie. Nessun gruppo tassono-

mico può contenere *soltanto* le specie Ominoidi e i babbuini.

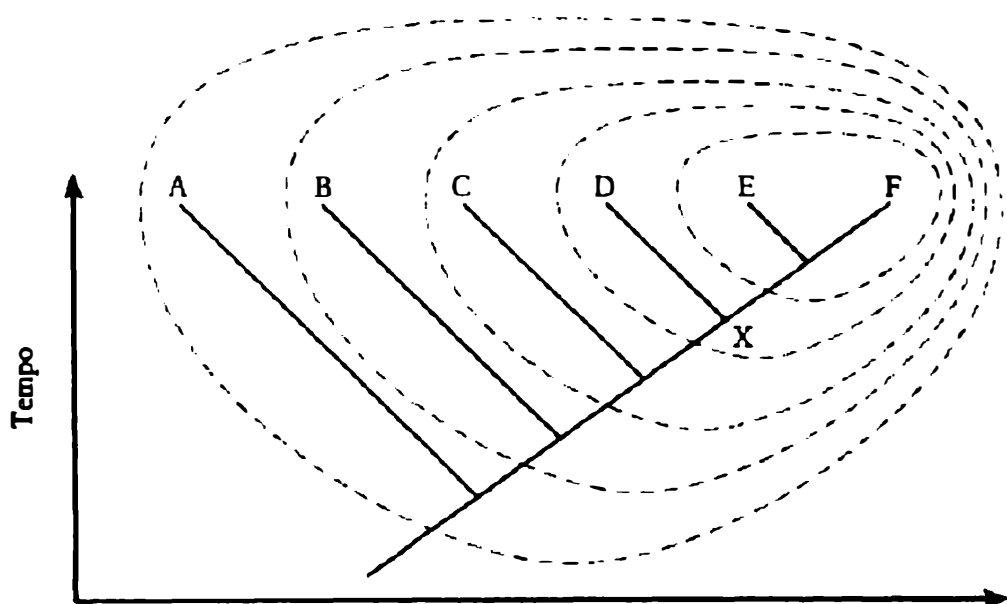
L'idea cladistica chiave è che tutti i gruppi tassonomici, siano essi generi, famiglie, superfamiglie o quant'altro, debbono essere *monofiletici*. Un gruppo monofiletico è tale da contenere una specie ancestrale e tutti i suoi discendenti, ma nient'altro. I gruppi monofiletici sono di varie dimensioni. A un estremo, tutte le specie che sono mai esistite formano un gruppo monofiletico, presumendo che la vita sulla terra si sia originata in una singola occasione. All'altro estremo, possono esserci gruppi monofiletici di due sole specie – se sono i soli discendenti di un antenato comune. Il gruppo che contiene solo le specie Ominoidi e i babbuini non è monofiletico, perché, come abbiamo visto, l'antenato comune delle specie Ominoidi e dei babbuini lo è anche dei macachi. Quindi, secondo i cladisti questo non è un gruppo tassonomico genuino. I gruppi che non sono monofiletici non sono ammessi nella tassonomia cladista, indipendentemente da quanto simili i loro membri possano essere, dato che i cladisti considerano tali gruppi totalmente artificiali, in contrasto con i gruppi monofiletici «naturali».

Il concetto di monofiletico è facilmente comprensibile graficamente. Si consideri il diagramma della figura 14 – noto come «cladogramma» – che mostra le relazioni filogenetiche tra sei specie contemporanee, A-F. Tutte e sei le specie hanno un antenato comune, se torniamo sufficientemente indietro nel tempo, ma alcune sono collegate piú intimamente di altre. Le specie E e F hanno un antenato comune molto recente, dato che i loro rami si intersecano in un passato molto prossimo. Per contrasto, la specie A si è distaccata dalla linea comune molto tempo fa. Ora, consideriamo il gruppo {D, E, F}. Questo è un gruppo monofiletico, poiché contiene tutti e soli i discendenti di una specie ancestrale (non nominata), che si divise in due nel nodo indicato con «x». Anche il gruppo {C, D, E, F} è monofiletico, come quello {B, C, D, E, F}. Ma il gruppo {B, C, D, F} non è monofiletico, dato che l'antenato comune di queste quattro specie lo è anche della specie E. Tutti i gruppi monofiletici del diagramma so-

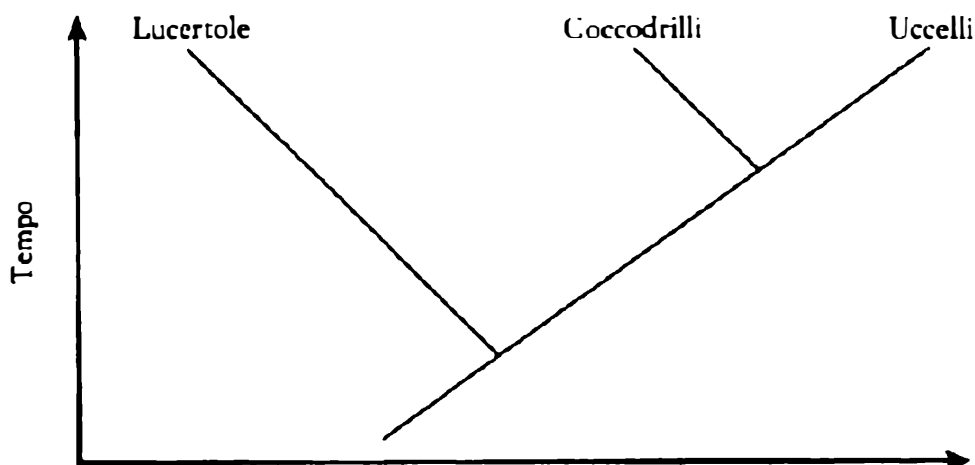
no stati cerchiati; qualsiasi altro gruppo di specie non è monofiletico.

La disputa tra cladisti e fenetisti non è affatto accademica – ci sono casi reali in cui sono in disaccordo. Un esempio ben noto riguarda la classe *Reptilia* o dei rettili. La tassonomia linneana tradizionale annovera le lucertole e i coccodrilli tra i rettili, ma esclude gli uccelli, che sono collocati in una classe separata chiamata *Aves*. I fenetisti concordano con questa classificazione, poiché gli uccelli hanno la loro specifica anatomia e fisiologia, che è molto diversa da quella di lucertole, coccodrilli e altri rettili. Ma i cladisti affermano che quello dei rettili non è affatto un gruppo tassonomico genuino, poiché non è monofiletico. Come mostra il cladogramma della figura 15, l'antenato comune di lucertole e coccodrilli è anche un antenato degli uccelli; quindi collocare lucertole e coccodrilli in un gruppo che esclude gli uccelli viola il requisito della monofilia. I cladisti raccomandano perciò di abbandonare la pratica tassonomica tradizionale: i biologi non dovrebbero affatto parlare di *Reptilia*, poiché si tratta di un gruppo artificiale, invece che naturale. Questo è un suggerimento molto ra-

Figura 14.

Cladogramma che mostra le relazioni filogenetiche tra sei specie contemporanee.

dicale; persino i biologi che simpatizzano con lo spirito del cladismo sono spesso riluttanti ad abbandonare le categorie tassonomiche tradizionali, che per secoli hanno servito i naturalisti.

I cladisti affermano che il loro modo di classificare è «oggettivo», mentre quello dei fenetisti non lo è. Certamente c'è un po' di verità in questa accusa, poiché i fenetisti basano le loro classificazioni sulle somiglianze tra le specie, e i giudizi di somiglianza sono invariabilmente in parte soggettivi. Prese due specie qualsiasi, esse si assomiglieranno per certi aspetti, ma non per altri. Per esempio, due specie di insetti possono essere anatomicamente molto simili, ma molto diverse nelle loro abitudini alimentari. Cosí, quali «aspetti» isoliamo per il nostro giudizio di somiglianza? I fenetisti speravano di evitare questo problema definendo una misura di «somiglianza generale», in grado di prendere in considerazione tutte le caratteristiche di una specie, permettendo cosí di costruire una classificazione pienamente obiettiva. Ma, per quanto questa idea sembri attraente, essa non funziona, non ultimo perché non c'è un modo ovvio per enumerare le caratteristiche. In molti oggi pensano che l'idea stessa di «somiglianza generale» sia filosoficamente sospetta. Le classificazioni fenetiche esistono, e sono usate nella pratica, ma non sono del tutto og-

Figura 15.
Cladogramma che mostra le relazioni filogenetiche tra lucertole, coccodrilli e uccelli.

gettive. Diversi giudizi di somiglianza conducono a differenti classificazioni fenetiche, e non c'è un modo ovvio per scegliere tra loro.

Anche il cladismo ha i suoi problemi da affrontare. Il piú serio è che per costruire una classificazione in accordo con i principî del cladismo, dobbiamo scoprire le relazioni filogenetiche tra le specie che stiamo cercando di classificare, e questo è tutt'altro che facile. Si tratta di relazioni che ovviamente non si lasciano scoprire semplicemente osservando le specie – esse debbono essere inferite. Una varietà di tecniche per inferire le relazioni filogenetiche sono state inventate, ma non sono a prova di errore. In verità, via via che emergono sempre piú evidenze fornite dalla genetica molecolare, le ipotesi circa le relazioni filogenetiche tra le specie vengono ribaltate con rapidità. Cosí mettere effettivamente in pratica le idee cladistiche non è facile. È molto bello sentirsi dire che solo i gruppi monofiletici di specie sono ammessi nella tassonomia, ma questo non ci è di molto aiuto, se non sappiamo se un dato gruppo è o meno monofiletico. In effetti, la classificazione cladistica costruisce ipotesi sulle relazioni filogenetiche tra le specie, ed è quindi intrinsecamente congetturale. I fenetisti obiettano che la classificazione non dovrebbe essere cosí carica-di-teoria. Essi affermano che la tassonomia dovrebbe precedere e non dipendere dalle congetture sulla storia evolutiva.

Malgrado le difficoltà nel mettere in pratica il cladismo, e malgrado il fatto che i cladisti spesso suggeriscano delle revisioni molto radicali delle categorie tassonomiche tradizionali, un numero crescente di biologi si sta avvicinando al punto di vista cladistico. La ragione di ciò è che il cladismo è privo di ambiguità in un modo che lo differenzia dal fenetismo e da altri approcci – i suoi principî tassonomici sono perfettamente chiari, anche se difficili da sviluppare. E c'è qualcosa di molto intuitivo nell'idea che i gruppi monofiletici di specie sono «unità naturali», mentre altri gruppi non lo sono. Inoltre il cladismo offre una vera ragione del perché la classificazione biologica dovrebbe essere gerarchica. Come la figura 15 sopra indica, i gruppi monofiletici sono sempre innestati gli uni negli altri, cosí, se il re-

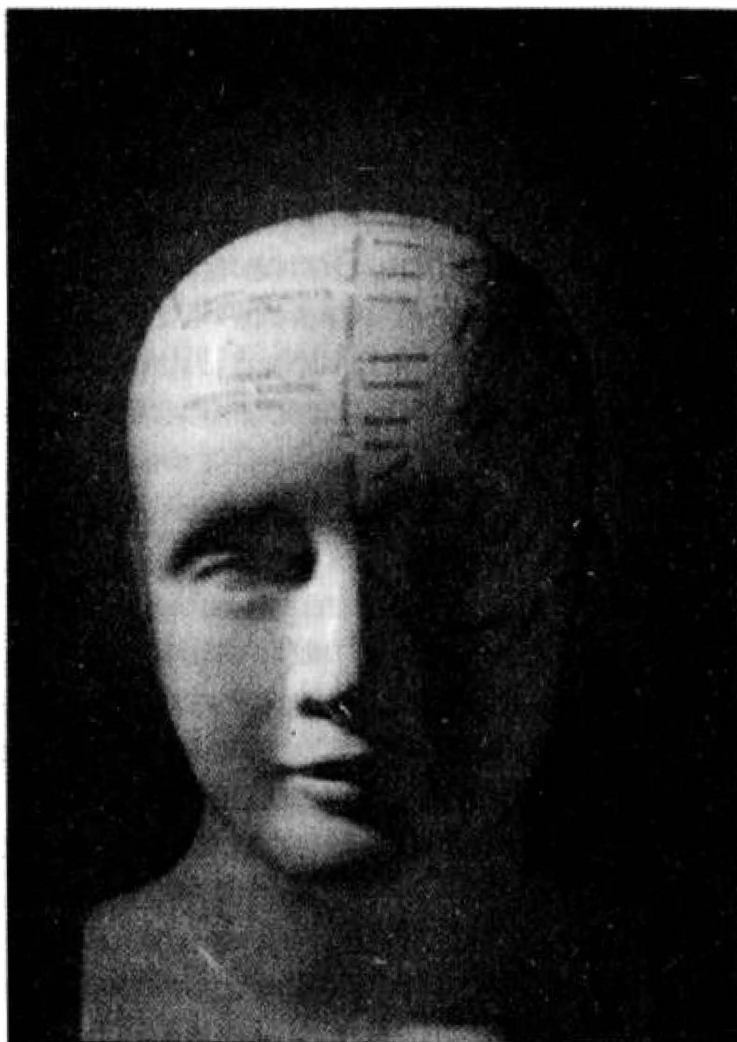
quisito della monofileticità è seguito rigidamente, la classificazione ottenuta sarà automaticamente gerarchica. La classificazione in base alla somiglianza può ugualmente condurre a una struttura gerarchica; ma i fenetisti non hanno una giustificazione paragonabile del *perché* la classificazione biologica dovrebbe essere gerarchica. Il fatto che i naturalisti per centinaia di anni abbiano classificato gli organismi gerarchicamente, ma che la ragione per farlo sia divenuta chiara solo di recente è qualcosa di molto sorprendente.

3. *La mente è modulare?*

Uno dei compiti principali della psicologia è scoprire come fanno gli esseri umani a portare a termine i propri compiti cognitivi. Con «compiti cognitivi» non intendiamo soltanto cose come la soluzione dei cruciverba, ma anche obiettivi piú pratici, come attraversare la strada in sicurezza, capire che cosa dicono i nostri simili, riconoscere i volti delle altre persone, controllare il resto in un negozio, e cosí via. Non si può negare che gli umani sono molto bravi in numerosi di questi compiti, cosí bravi che spesso noi li compiamo molto velocemente, dedicandovi poca o nessuna attenzione cosciente. Per rendersi conto di quanto tutto ciò sia notevole basta considerare che non è mai stato progettato alcun robot che si comporti in modo anche solo remotamente simile a un essere umano in una situazione di vita concreta, malgrado gli sforzi e il denaro impegnati. Nessun robot può risolvere un cruciverba, o impegnarsi in una conversazione, con qualcosa di simile alla facilità con cui ciò è fatto da un essere umano medio. In un modo o nell'altro, noi umani siamo in grado di attuare compiti cognitivi complessi con sforzi minimi. Cercare di comprendere come questo sia possibile è il problema esplicativo centrale della disciplina nota come psicologia cognitiva.

Il nostro interesse verte su un dibattito tra gli psicologi cognitivi, antico ma ancora in corso, che concerne l'architettura della mente umana. Secondo una prospettiva la mente umana è un «risolutore di problemi generalista». Ciò significa che la mente contiene un insieme di abilità gene-

rali per la soluzione dei problemi, o «intelligenza generale», che applica a un numero indefinito di compiti. Cosí un unico e medesimo insieme di capacità cognitive viene applicato se l'umano sta cercando di contare delle biglie, decidere in quale ristorante mangiare, o apprendere una lingua straniera – questi compiti rappresentano applicazioni diverse della sua intelligenza generale. Secondo una concezione rivale, la mente umana contiene un certo numero di sottosistemi specializzati, o moduli, ciascuno dei quali è progettato per affrontare un numero molto limitato di compiti, e non può fare nient'altro (fig. 16). Questa è nota come l'ipotesi della «modularità della mente». Cosí, per

Figura 16.
Una rappresentazione ipotetica di una mente modulare.

esempio, si ritiene comunemente che esista un modulo speciale per l'acquisizione del linguaggio, una prospettiva derivata dall'opera del linguista Noam Chomsky. Chomsky sostenne che un bambino non impara a parlare ascoltando la conversazione degli adulti, e applicando poi la sua «intelligenza generale» per ricavare le regole del linguaggio che viene parlato; piuttosto esiste un «dispositivo per l'acquisizione del linguaggio» in ciascun bambino umano che opera automaticamente e la cui unica funzione è metterlo in condizione di imparare un linguaggio, date le sollecitazioni adeguate. Chomsky forní una sequela impressionante di prove in favore di questa affermazione – compreso il fatto che, per esempio, persino coloro che dispongono di una «intelligenza generale» molto bassa possono spesso imparare a parlare in modo perfettamente adeguato.

Alcune delle piú convincenti evidenze probatorie in favore dell'ipotesi della modularità vengono da studi su pazienti con danno cerebrale, noti come «studi sui deficit». Se la mente umana è un «risolutore di problemi generalista», dovremmo aspettarci che un danno al cervello colpisca tutte le capacità cognitive in modo piú o meno equivalente. Ma non è questo ciò che riscontriamo. Al contrario, spesso il danno cerebrale danneggia certe capacità cognitive, ma ne lascia intatte altre. Per esempio, il danno a una parte del cervello nota come area di Wernicke priva i pazienti della capacità di comprendere il linguaggio, sebbene siano ancora in grado di produrre enunciati grammaticali fluenti. Ciò suggerisce con forza che ci siano moduli separati per la produzione e per la comprensione di enunciati – dato che questo spiegherebbe perché la perdita della seconda di queste capacità non implichi la perdita della prima. Altri pazienti cerebrolesi perdono la loro memoria a lungo termine (amnesia), ma la loro memoria a breve termine e la loro capacità di parlare e comprendere sono interamente intatte. Ancora, questo sembra parlare in favore della modularità, e contro la concezione secondo cui la mente è un «risolutore di problemi generalista».

Per quanto sia significativa, l'evidenza neuropsicologica di questo tipo non risolve la questione della modularità una volta per tutte. Da un lato, le fonti di prova sono re-

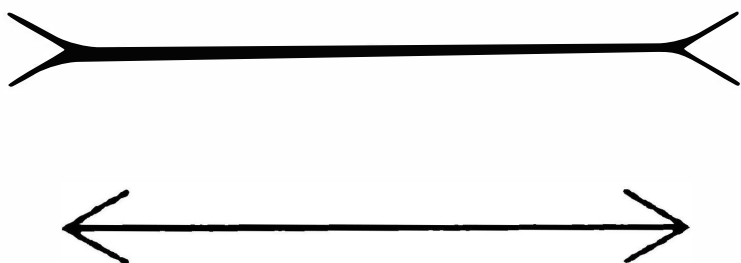
lativamente rare – ovviamente non possiamo danneggiare il cervello delle persone a piacere, solo per vedere in che modo sono colpite le loro capacità cognitive. Inoltre ci sono seri disaccordi su come i dati dovrebbero essere interpretati, cosa usuale nella scienza. Alcuni studiosi sostengono che lo schema di danno cognitivo osservato nei pazienti cerebrolesi non implica che la mente sia modulare. Anche se la mente fosse un «risolutore di problemi generalista», ovvero non modulare, affermano, è sempre possibile che capacità cognitive distinte siano colpite in modo diverso dal danno cerebrale. Cosí non possiamo semplicemente leggere l'architettura della mente a partire dagli studi sui deficit, essi insistono; al massimo questi ultimi possono offrire delle evidenze fallibili per la scoperta di tale architettura.

Molto del recente interesse per la modularità si deve al lavoro di Jerry Fodor, un influente filosofo e psicologo americano. Nel 1983 Fodor pubblicò un libro, *La mente modulare*, che conteneva sia una spiegazione molto chiara di che cosa è esattamente un modulo, sia alcune ipotesi interessanti riguardo a quali capacità cognitive sono modulari e quali non lo sono. Fodor argomentò che i moduli mentali hanno un certo numero di caratteri distintivi, dei quali i principali sono i tre seguenti: (*a*) essi sono specifici per un dominio, (*b*) le loro operazioni sono obbligate, (*c*) sono informativamente incapsulati. I sistemi non modulari non possiedono nessuna di queste caratteristiche. Fodor affermò che la mente umana è in parte, sebbene non del tutto, modulare; noi risolviamo alcuni compiti cognitivi usando moduli specializzati, altri usando la nostra «intelligenza generale».

Dire che un sistema cognitivo è specifico per un dominio significa affermare che è specializzato: esso realizza un insieme di compiti limitato, circoscritto con precisione. Il «meccanismo di acquisizione del linguaggio» postulato da Chomsky è un buon esempio di un sistema specifico per un dominio. L'unica funzione di questo meccanismo è di mettere in grado il bambino di apprendere il linguaggio – non lo aiuta a imparare a giocare a scacchi, o a contare o a fare qualsiasi altra cosa. Cosí il meccanismo ignora semplice-

mente gli input non linguistici. Dire che un sistema cognitivo è obbligato vuol dire affermare che noi non possiamo scegliere se metterlo o meno in azione. La percezione del linguaggio offre un buon esempio. Se voi udite un enunciato pronunciato in una lingua che conoscete, non potete non udirlo che come il proferimento di un enunciato. Se qualcuno vi chiedesse di udire l'enunciato come un «puro rumore», non potreste obbedirgli per quanto possiate sforzarvi di farlo. Fodor sottolinea che non tutti i processi cognitivi sono obbligati in questo modo. *Pensare* chiaramente non lo è: se qualcuno vi chiedesse di pensare al piú pauroso momento della vostra vita, o di pensare alla prima cosa che fareste se vinceste la lotteria, evidentemente potreste seguire le sue istruzioni. Il pensiero e la percezione del linguaggio sono cosí molto diversi da questo punto di vista.

Che cosa dobbiamo dire dell'incapsulamento informativo, la terza e piú cruciale caratteristica dei moduli mentali? Questa nozione è illustrata al meglio da un esempio. Si osservino le due linee nella figura 17. Alla maggioranza delle persone la linea superiore appare un po' piú lunga di quella inferiore, ma di fatto questa è un'illusione ottica, nota come l'illusione di Müller-Lyer: le due linee sono effettivamente di uguale lunghezza. Sono state fornite varie spiegazioni del perché la linea superiore appaia piú lunga, ma esse non ci riguardano, in questa sede. Il punto cruciale è questo: le linee continuano ad apparire diseguali *anche quando sappiamo che si tratta di un'illusione ottica*. Secondo Fodor, questo semplice fatto ha conseguenze importanti per la comprensione dell'architettura della mente; infatti

Figura 17.
L'illusione di Müller-Lyer. Le linee orizzontali hanno la stessa lunghezza, ma quella superiore appare piú lunga.

mostra che l'informazione che le due linee hanno uguale lunghezza è conservata in una regione della mente cognitiva alla quale i nostri meccanismi percettivi non hanno accesso. Questo significa che tali meccanismi sono informativamente incapsulati – non hanno accesso a tutte le informazioni che possediamo. Se la percezione visiva non fosse incapsulata informativamente in questo modo, ma potesse far uso di tutte le informazioni raccolte nella mente, allora l'illusione scomparirerebbe nel momento in cui ci venisse detto che le due linee sono effettivamente di uguale lunghezza. Un altro possibile esempio di incapsulamento informativo viene dal fenomeno delle fobie umane, per esempio la ofidiofobia, o paura dei serpenti. Si tratta di una fobia piuttosto diffusa tra gli umani e anche in molte altre specie di primati. Il che è facilmente comprensibile, dato che i serpenti sono molto pericolosi per i primati, e quindi una paura istintiva nei loro confronti può essersi facilmente evoluta per selezione naturale. Ma, qualunque sia la spiegazione della nostra paura dei serpenti, il punto cruciale è il seguente. Anche se sapete che un particolare serpente non è pericoloso, per esempio perché vi hanno detto che le sue ghiandole velenifere sono state rimosse, sarà ancora piuttosto probabile che continuiate a esserne terrorizzati, e non vogliate toccarlo. Naturalmente questo tipo di fobia può essere vinta dall'addestramento, ma questa è una faccenda diversa. Il punto rilevante è che l'informazione circa la non pericolosità del serpente non è accessibile alla parte della vostra mente che produce la reazione di paura alla vista di un serpente. Questo suggerisce che in ogni essere umano possa esserci un modulo «paura dei serpenti», innato e informativamente incapsulato.

Ci si potrebbe domandare perché la modularità della mente dovrebbe essere una tematica filosofica. Se la mente è modulare o meno sembra chiaramente una questione che concerne un fatto empirico, per quanto difficile da determinare. In realtà questa osservazione non è completamente corretta. Un aspetto in cui il dibattito sulla modularità è filosofico riguarda il modo in cui dovremmo considerare i compiti e i moduli cognitivi. I sostenitori della modularità affermano che la mente contiene moduli spe-

cializzati per realizzare diversi tipi di compiti cognitivi; i loro critici lo negano. Ma come facciamo a decidere se due compiti sono dello stesso tipo, o di tipo differente? Il riconoscimento dei volti è un singolo compito cognitivo, o è composto da due distinti compiti cognitivi: il riconoscimento di volti maschili e quello di volti femminili? Effettuare lunghe divisioni e moltiplicazioni sono entrambi esempi di diversi compiti cognitivi o sono entrambi parti del compito piú generale del fare aritmetica? Questioni di questo tipo sono concettuali, o filosofiche, piuttosto che direttamente empiriche, ed esse sono potenzialmente cruciali per il dibattito sulla modularità. Immaginiamo infatti che un critico della modularità produca delle evidenze sperimentali per mostrare che usiamo uno e un solo insieme di capacità cognitive per realizzare molti diversi tipi di compiti cognitivi. Il suo oppositore potrebbe accettare i dati sperimentali, ma argomentare che i compiti cognitivi in questione sono tutti dello *stesso* tipo, e quindi che i dati sono perfettamente compatibili con la modularità. Cosí, malgrado la prima impressione in contrario, il dibattito sulla modularità della mente è profondamente coinvolto in questioni filosofiche.

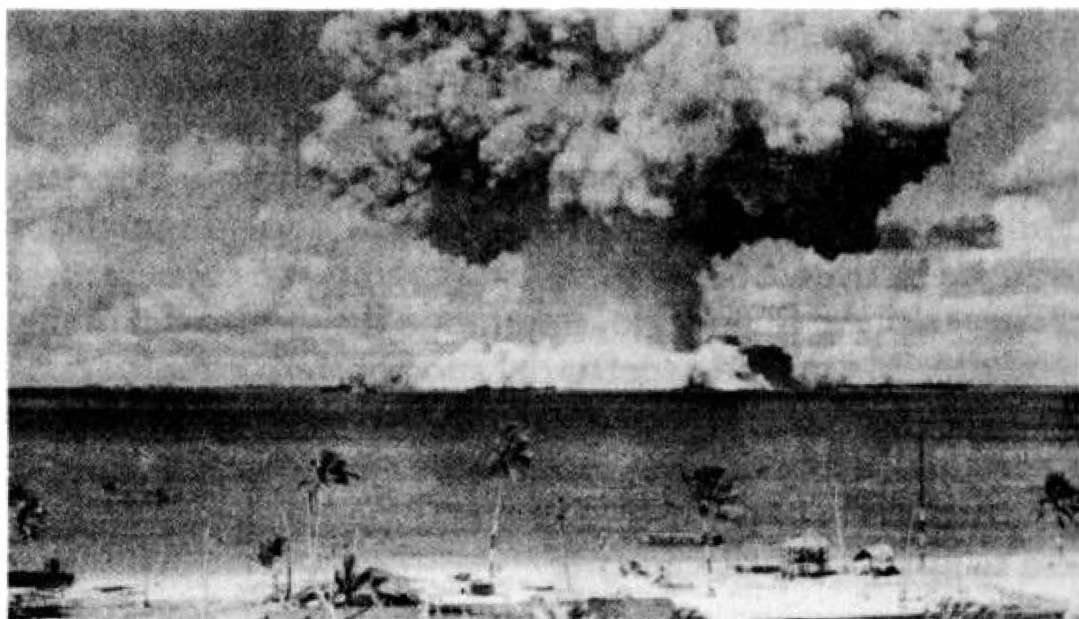
I piú entusiasti sostenitori della modularità credono che la mente sia interamente composta di moduli, ma questa posizione non è accettata universalmente. Fodor stesso afferma che percezione e linguaggio sono probabilmente modulari, mentre il pensiero e il ragionamento quasi certamente non lo sono. Per capire le sue ragioni, immaginiamo di far parte di una giuria e di tentare di giungere a un verdetto di colpevolezza o non colpevolezza. In che modo affronteremmo questo compito? Una questione importante che considereremmo è se la versione dell'accusato è logicamente consistente o no – è libera da contraddizioni? E ci chiederemmo probabilmente se le evidenze probatorie disponibili sono puramente compatibili con la colpevolezza dell'accusato, oppure la sostengono con forza. Chiaramente, le abilità di ragionamento che applichiamo in questo caso – mettere alla prova la consistenza logica e valutare l'evidenza probatoria – sono abilità *generali*; non sono progettate specificamente per i compiti di una giuria. Noi

usiamo le stesse abilità in molti domini, quindi le capacità cognitive che utilizziamo per deliberare sulla colpevolezza dell'accusato non sono specifiche del dominio. Né sono obbligate – dobbiamo valutare consapevolmente se è colpevole, e possiamo smettere di farlo quando lo desideriamo, per esempio durante la pausa per il pranzo. Piú importante di tutto, non c'è nemmeno incapsulamento informativo: il nostro compito è decidere se l'accusato è colpevole, *tutto considerato*, cosí che possiamo trovarci in condizione di ricorrere a ogni informazione di sfondo in nostro possesso, se la consideriamo rilevante. Per esempio, se l'accusato si è agitato nervosamente durante l'interrogatorio, e noi crediamo che agitarsi nervosamente sia un segno invariabile di colpevolezza, probabilmente faremo ricorso a questa credenza nel raggiungimento del verdetto. Non esiste quindi un deposito di informazione che non è accessibile ai meccanismi cognitivi che usiamo per raggiungere il verdetto (sebbene il giudice possa chiederci di ignorare certe cose). In breve, non esiste un modulo per decidere se un accusato è colpevole. Affrontiamo questo compito usando la nostra «intelligenza generale».

La tesi di Fodor, secondo cui la mente è parzialmente, ma non del tutto, modulare appare piuttosto plausibile. Ma sapere esattamente quanti moduli esistono, e che cosa fanno con precisione sono questioni a cui non si può rispondere, allo stato attuale delle ricerche. Fodor stesso è molto pessimista circa la possibilità che la psicologia cognitiva possa mai spiegare il funzionamento della mente umana. Egli ritiene che solo i sistemi modulari possano essere studiati scientificamente – i sistemi non modulari, non essendo incapsulati informativamente, sono molto piú refrattari alla modellizzazione. Cosí, secondo Fodor, la migliore strategia di ricerca per la psicologia cognitiva è concentrarci su percezione e linguaggio, ignorando il compito del ragionamento. Ma questo aspetto del suo pensiero è molto controverso; non tutti gli psicologi concordano con lui su quali parti della mente sono modulari e quali non lo sono, e non tutti ritengono che solo i sistemi modulari possono essere studiati scientificamente.

Capitolo settimo
La scienza e i suoi critici

Molte persone danno per scontato che la scienza sia un bene, per ragioni ovvie. Dopo tutto essa ci ha dato l'elettricità, l'acqua potabile, la penicillina, la contraccezione, i viaggi aerei e molto altro ancora – tutte cose che hanno senza dubbio portato beneficio all'umanità. Tuttavia, malgrado questi impressionanti contributi al benessere umano, la scienza non è priva di critici: c'è chi afferma che la società spende troppo denaro a fini scientifici, a detrimento delle arti; chi afferma che la scienza ci ha dato capacità tecnologiche senza le quali staremmo meglio, per esempio la capacità di costruire armi di distruzione di massa (fig. 18).

Figura 18.
Capacità scientifiche senza le quali staremmo meglio: una nuvola tossica a fungo, prodotta da un'esplosione atomica.

Alcune femministe trovano discutibile la scienza perché intrinsecamente maschilista; individui religiosi spesso hanno la sensazione che essa minacci la loro fede; e certi antropologi hanno accusato la scienza occidentale di arroganza, in quanto assume superficialmente la propria superiorità rispetto alle conoscenze e alle credenze delle culture indigene diffuse nel mondo. Questo elenco non esaurisce affatto le critiche di cui la scienza è stata fatta oggetto; in questo capitolo, comunque, soffermeremo la nostra attenzione su tre obiezioni che appaiono di particolare interesse filosofico.

1. *Scientismo*.

I termini «scienza» e «scientifico» hanno acquistato un significato peculiare al giorno d'oggi. Se qualcuno vi accusa di comportarvi in modo «non scientifico», quasi certamente vi sta criticando. Il comportamento scientifico è intelligente, ragionevole e meritorio; quello non scientifico è stupido, irrazionale e condannabile. È difficile sapere perché l'etichetta «scientifico» ha acquistato queste connotazioni, ma probabilmente è qualcosa che ha a che fare con lo status privilegiato attribuito alla scienza nella società moderna. Oggi la società tratta gli scienziati come esperti, il cui parere su questioni importanti è costantemente ricercato, e di solito accettato senza discussione. Certamente tutti riconoscono che qualche volta gli scienziati si sbagliano – per esempio, i consulenti scientifici del governo britannico negli anni Novanta dichiararono che «la malattia della mucca pazza» non rappresentava una minaccia per gli esseri umani, solo per essere tragicamente smentiti in seguito. Infortuni occasionali di questi tipo non tendono però a modificare la fede del pubblico nella scienza, né la considerazione in cui sono tenuti gli scienziati. Quanto meno in Occidente, questi ultimi sono percepiti in modo molto simile ai leader religiosi del passato: possessori di una conoscenza specialistica, inaccessibile ai profani.

«Scientismo» è un'etichetta peggiorativa usata da alcuni filosofi per descrivere quello che a loro appare come un'adorazione della scienza, un atteggiamento ultra-reveren-

ziale nei suoi confronti, che si trova in molti circoli intellettuali. Chi si oppone allo scientismo afferma che la scienza non è la sola forma valida di impresa intellettuale, e nemmeno l'unica strada privilegiata verso la conoscenza. Costoro spesso sottolineano di non essere contrari alla scienza *in sé*; ciò a cui si oppongono è lo status privilegiato concesso alla scienza, in particolare alla scienza naturale, nella società moderna, cosí come criticano l'assunzione secondo cui i metodi scientifici sono necessariamente applicabili in ogni ambito. Il loro obiettivo non è dunque di attaccare la scienza, ma di metterla al suo posto – mostrare che essa è un'attività tra le altre, e liberare le discipline non scientifiche dalla tirannia che si suppone la scienza eserciti su di loro.

Lo scientismo è ovviamente una dottrina molto vaga, e dato che il termine ha una connotazione negativa, quasi nessuno ammetterà di aderirvi. Ciononostante, qualcosa di simile all'adorazione della scienza è un tratto genuino del nostro paesaggio intellettuale. Questa non è necessariamente una cosa sbagliata – forse la scienza merita di essere adorata – ma senza dubbio è un fenomeno reale. Un settore che è spesso accusato di idolatria nei confronti della scienza è la filosofia anglo-americana contemporanea (della quale la filosofia della scienza è solo un aspetto). Tradizionalmente la filosofia è considerata come un ambito umanistico, malgrado i suoi stretti legami storici con la matematica e la scienza. E con buone ragioni, dato che le questioni affrontate dalla filosofia includono la natura della conoscenza, della morale, della razionalità, del benessere umano e altre, nessuna delle quali appare risolvibile per mezzo dei metodi scientifici. Nessun ramo della scienza ci dice come dovremmo condurre le nostre vite, o che cosa implichi la felicità umana; queste sono domande essenzialmente filosofiche.

Malgrado l'apparente impossibilità di rispondere a questioni filosofiche attraverso la scienza, un buon numero di filosofi contemporanei crede davvero che la scienza sia la sola strada legittima verso la conoscenza. Le domande che non possono essere soddisfatte con mezzi scientifici, affermano costoro, non sono affatto domande genuine. Que

sta concezione è spesso associata al pensiero del tardo Willard van Orman Quine, che può essere considerato il piú importante filosofo americano del XX secolo. La base di questa idea si trova in una dottrina chiamata «naturalismo», che sottolinea come gli esseri umani siano parte integrante del mondo naturale, non qualcosa di separato da esso, come si credeva un tempo. Dato che la scienza studia la totalità del mondo naturale, perché non dovrebbe essere in grado di rivelare la verità completa intorno alla condizione umana, senza nulla lasciare alla filosofia? Gli aderenti a questa posizione aggiungono talvolta che, mentre la scienza fa senza dubbio progressi, la filosofia sembra discutere le medesime questioni da secoli e secoli. Secondo questo punto di vista, non esiste qualcosa come una conoscenza specificamente filosofica, dato che tutta la conoscenza è conoscenza scientifica. Nella misura in cui esiste un qualche ruolo per la filosofia, esso consiste nel «chiarire i concetti scientifici» – rimuovendo gli ostacoli per facilitare il lavoro degli scienziati.

Non sorprende che molti filosofi rifiutino una simile subordinazione della loro disciplina alla scienza; questa è una delle principali fonti di opposizione allo scientismo. Essi affermano che l'indagine filosofica rivela verità riguardo a un regno che la scienza non può toccare. Le questioni filosofiche non possono essere risolte da mezzi scientifici, ma non per questo sono peggiori; la scienza non è la sola via verso la verità. I sostenitori di questa posizione possono concedere che la filosofia dovrebbe cercare di essere *consistente* con le scienze, nel senso di non avanzare delle tesi che sono in conflitto con quello che ci insegna la scienza. Essi possono anche concedere che le stesse scienze meritano di essere trattate con grande rispetto. Ciò che rifiutano è l'imperialismo scientifico – l'idea secondo cui la scienza è in grado di rispondere a tutte le questioni importanti che concernono l'uomo e il suo posto nella natura. Solitamente coloro che difendono questa posizione pensano anch'essi di essere naturalisti; di solito non affermano che gli esseri umani sono in qualche modo al di fuori dell'ordine naturale, e quindi esclusi dall'ambito della scienza. Essi concedono che noi siamo solo una specie biologica tra le altre, e

che i nostri corpi sono in ultima analisi composti da particelle fisiche, come ogni altra cosa nell'universo. Ma negano che ciò implichi che i metodi scientifici siano adeguati per affrontare ogni questione interessante.

Una problematica simile sorge riguardo alla relazione tra le scienze naturali e le scienze sociali. Proprio come i filosofi si lamentano talvolta della «adorazione della scienza» nel proprio ambito, lo stesso fanno gli scienziati sociali rispetto alle proprie discipline. Non si può negare che le scienze naturali – fisica, chimica, biologia ecc. – siano in uno stato piú avanzato delle scienze sociali – economia, sociologia, antropologia ecc. Molte persone si sono chieste il perché, dato che difficilmente si può sostenere che chi fa scienza naturale è piú brillante di chi fa scienza sociale. Una possibile risposta è che i *metodi* delle scienze naturali sono superiori a quelli delle scienze sociali. Se ciò è corretto, allora quello che serve agli scienziati sociali è imitare i metodi delle scienze naturali, e, fino a un certo punto, questo è stato fatto realmente. L'uso crescente della matematica nelle scienze sociali può essere in parte il risultato di questo atteggiamento. La fisica fece un grande balzo in avanti quando Galileo decise di applicare il linguaggio matematico alla descrizione del moto; da qui la tentazione di pensare che un progresso del genere potrebbe essere a portata delle scienze sociali, se si trovasse un modo simile di «matematizzarne» le tematiche.

Tuttavia alcuni scienziati sociali resistono all'idea di dover venerare in questo modo le scienze naturali, proprio come alcuni filosofi si ribellano all'idea di dover tributare la medesima venerazione alla scienza in generale. Essi affermano che i metodi delle scienze naturali non sono necessariamente appropriati per studiare i fenomeni sociali: perché mai le medesime tecniche che sono utili, per esempio, in astronomia dovrebbero esserlo altrettanto nello studio delle società? Coloro che sostengono questo punto di vista negano che lo stato piú avanzato delle scienze naturali sia attribuibile al carattere specifico dei metodi di indagine che impiegano, e non vedono quindi alcuna ragione per estenderli alle scienze sociali. Essi spesso sottolineano che le scienze sociali sono piú giovani di quelle naturali, e che la

natura complessa dei fenomeni sociali rende molto ardua la pratica della scienza sociale.

Né la questione dello scientismo, né quella parallela del rapporto tra scienze naturali e sociali sono facili da risolvere. In parte ciò si deve alla poca chiarezza riguardo a che cosa sia effettivamente ed esattamente incluso nei «metodi della scienza», o nei «metodi della scienza naturale» – un punto spesso trascurato da entrambe la parti impegnate nel dibattito. Se vogliamo sapere se i metodi della scienza sono applicabili a ogni argomento, o se essi sono in grado di rispondere a ogni domanda importante, abbiamo ovviamente bisogno di sapere quali *sono* esattamente questi metodi. Ma, come abbiamo visto nei capitoli precedenti, questa è una domanda molto meno semplice di quanto non sembri. Certamente noi conosciamo alcuni dei caratteri principali della ricerca scientifica: induzione, controllo sperimentale, osservazione, costruzione delle teorie, inferenza verso la spiegazione migliore e cosí via. Ma questa lista non fornisce una definizione precisa del «metodo scientifico», né è ovvio se una simile definizione *possa* essere fornita. La scienza subisce molti cambiamenti al passare del tempo, cosí che l'assunzione secondo cui esiste un «metodo scientifico» fisso e invariabile, utilizzato da tutte le discipline in ogni epoca è tutto meno che inevitabile. Ma questa assunzione è implicita *sia* nell'affermazione secondo cui la scienza è l'unica via verso la verità, *sia* in quella opposta, secondo cui ci sono problemi che non possono essere risolti dal metodo scientifico. Il che suggerisce che, in una certa misura almeno, il dibattito sullo scientismo potrebbe basarsi su un falso presupposto.

2. *Scienza e religione.*

La tensione tra scienza e religione è antica e ben documentata. Forse l'esempio piú noto è il conflitto tra Galileo e la Chiesa cattolica. Nel 1633 l'Inquisizione costrinse Galileo ad abiurare le sue posizioni copernicane, e lo condannò a trascorrere gli ultimi anni della sua vita agli arresti domiciliari a Firenze. Naturalmente la Chiesa si opponeva alla

teoria copernicana perché in contrasto con le sacre scritture. In epoca piú recente, il piú rilevante scontro scienza/religione è stata l'aspra disputa tra darwinisti e creazionisti negli Stati Uniti, su cui ci soffermeremo ora.

L'opposizione teologica alla teoria di Darwin non è nulla di nuovo: quando *L'origine delle specie* fu pubblicato, nel 1859, esso suscitò immediatamente la critica degli ecclesiastici in Inghilterra. La ragione è ovvia: la teoria di Darwin afferma che tutte le specie attuali, compresa quella umana, si sono originate in un lungo periodo di tempo a partire da antenati comuni. Essa contraddice patentemente il libro della Genesi, che dice che Dio creò tutte le creature viventi in un periodo di sei giorni. La scelta sembra quindi netta: o crediamo a Darwin o crediamo alla Bibbia, ma non possiamo credere a entrambi. Ciononostante, molti convinti darwiniani – ivi inclusi un certo numero di eminenti biologi – hanno trovato modi per riconciliare la loro fede religiosa con la loro credenza nell'evoluzione. Un modo consiste nel non soffermarsi troppo sullo scontro; un'altra maniera, piú onesta intellettualmente, è argomentare che il libro della Genesi non deve essere interpretato in modo letterale – deve essere considerato allegorico o simbolico. Dopo tutto, infatti, la teoria di Darwin è pienamente compatibile con l'esistenza di Dio e con molti altri punti fermi del cristianesimo: il darwinismo esclude solo la verità letterale della storia biblica della creazione. Una versione adeguatamente attenuata del cristianesimo può cosí essere resa compatibile con il darwinismo.

Negli Stati Uniti, tuttavia, e in particolare negli stati del Sud, molti protestanti evangelici si sono rifiutati di modificare le proprie credenze religiose per adattarsi alle scoperte della scienza. Essi insistono che la narrazione biblica della creazione è vera alla lettera e che la teoria dell'evoluzione di Darwin è quindi completamente sbagliata. Questa opinione è nota come «creazionismo» ed è accettata da circa il 40 per cento della popolazione adulta degli Usa, una percentuale molto maggiore che in Gran Bretagna o nell'Europa continentale. Il creazionismo è una forza politica molto potente, e ha una considerevole influenza sull'insegnamento della biologia nelle scuole americane, con

gran costernazione degli scienziati. Nel famoso «processo della scimmia» degli anni Venti del Novecento, un insegnante scolastico del Tennessee fu condannato perché insegnava l'evoluzione ai suoi allievi, in violazione di una legge dello stato. (La legge venne infine abrogata dalla Corte suprema nel 1967). In parte a causa di questo processo, l'argomento dell'evoluzione fu del tutto ignorato nei programmi di biologia nelle scuole superiori statunitensi per molti decenni. Generazioni di americani adulti sono cresciute senza sapere nulla di Darwin.

Questa situazione cominciò a cambiare negli anni Sessanta del secolo scorso, accendendo un nuovo ciclo di battaglie tra creazionisti e darwiniani, e dando origine al movimento noto come «scienza della creazione». I creazionisti vogliono che gli studenti delle scuole superiori imparino la storia biblica della creazione, esattamente come compare nel libro della Genesi. Ma la costituzione americana proibisce l'insegnamento della religione nelle scuole pubbliche. Il concetto di scienza della creazione venne elaborato per aggirare questo ostacolo; i suoi inventori argomentarono che la spiegazione biblica della creazione offre una spiegazione scientifica migliore della vita di quella della teoria dell'evoluzione di Darwin. Cosí insegnare la creazione biblica non viola il divieto costituzionale, dato che si tratta di scienza, non di religione! Nel profondo Sud furono avanzate richieste di insegnare la scienza della creazione nei corsi di biologia, ed esse furono spesso accolte. Nel 1981 lo stato dell'Arkansas approvò una legge che chiedeva ai docenti di biologia di dedicare «lo stesso tempo» all'evoluzione e alla scienza della creazione. Sebbene la legge dell'Arkansas sia stata giudicata incostituzionale nel 1982, la richiesta di «stesso tempo» continua a essere presente ancora oggi. È spesso presentata come un compromesso equo – di fronte a due insiemi di credenze in conflitto cosa c'è di piú giusto che dare a ciascuno lo stesso tempo? Sondaggi di opinione mostrano che la stragrande maggioranza degli americani adulti sono d'accordo: essi vogliono che la scienza della creazione sia insegnata insieme all'evoluzione nelle scuole pubbliche.

Tuttavia, praticamente tutti i biologi professionisti con-

siderano la scienza della creazione una mistificazione, un tentativo disonesto e mascherato di promuovere credenze religiose sotto le spoglie della scienza, con conseguenze educative estremamente dannose. Per ribattere a questa opposizione, gli scienziati creazionisti hanno dedicato un grande sforzo a mettere in discussione il darwnismo. Essi affermano che l'evidenza in suo favore è del tutto non conclusiva, quindi il darwinismo, lungi dall'essere un fatto assodato, è solo una teoria. In aggiunta a ciò hanno sottolineato varie dispute interne tra darwiniani e individuato un certo numero di affermazioni incaute di singoli biologi, nel tentativo di mostrare che essere in disaccordo con la teoria dell'evoluzione è una posizione scientificamente rispettabile. La loro conclusione è che, siccome il darwinismo è «solo una teoria», gli studenti dovrebbero essere introdotti anche ad altre teorie alternative – come quella creazionista, secondo cui Dio fece il mondo in sei giorni.

In un certo senso i creazionisti hanno perfettamente ragione nel dire che il darwinismo è «solo una teoria» e non un fatto dimostrato. Come abbiamo visto nel secondo capitolo, non si può mai *dimostrare* che una teoria scientifica è vera, nel senso rigoroso di dimostrazione, poiché l'inferenza dai dati alla teoria è invariabilmente non-deduttiva. Ma questo è un punto generale – non ha niente a che fare con la teoria dell'evoluzione *in sé*. In modo analogo potremmo argomentare che è «solo una teoria» che la terra gira intorno al sole, o che l'acqua è fatta di H_2O, o che gli oggetti sospesi tendono a cadere, di modo che gli studenti dovrebbero essere introdotti ad alternative a ciascuna di queste affermazioni. Ma non è questo che argomentano i sostenitori della scienza della creazione. Essi non sono scettici nei confronti della totalità della scienza, ma solo riguardo alla teoria dell'evoluzione. Cosí per essere difendibile, la loro posizione non può ridursi alla tesi che i nostri dati non garantiscono la verità della teoria di Darwin, dato che lo stesso è vero di ogni teoria scientifica, e in realtà anche della maggior parte delle credenze del senso comune.

Per esser giusti con i creazionisti, essi offrono davvero alcuni argomenti che riguardano specificamente la teoria dell'evoluzione. Uno dei loro preferiti è che i dati ricavati

dai fossili sono estremamente frammentari, in particolare quando si tratta degli ipotetici progenitori dell'*Homo sapiens*. C'è un grano di verità in questa accusa: gli evoluzionisti si sono interrogati a lungo riguardo alle lacune nei dati fossili. Un problema persistente è perché ci sono cosí pochi «fossili di transizione» – fossili di creature intermedie tra due specie. Se le specie piú tarde si evolvono a partire da quelle che le precedono, come asserisce la teoria di Darwin, non dovremmo allora aspettarci che i fossili di transizione siano molto comuni? I creazionisti usano problemi di questo tipo per mostrare che la teoria di Darwin è semplicemente falsa. Ma il loro argomento non è conclusivo, nonostante la reale difficoltà di spiegare i dati fossili. Infatti i fossili non sono l'unica e neppure la piú importante tra le fonti di prova in favore della teoria dell'evoluzione, come i creazionisti saprebbero, se avessero letto *L'origine delle specie*. L'anatomia comparata è un'altra fonte di prova, come l'embriologia, la bio-geografia, e la genetica. Si consideri per esempio il fatto che gli esseri umani e gli scimpanzé condividono il 98 per cento del loro DNA: questo e migliaia di altri fatti simili hanno perfettamente senso se la teoria dell'evoluzione è vera, e quindi rappresentano una prova eccellente in favore della teoria. Naturalmente anche gli scienziati creazionisti possono spiegare questi fatti; possono affermare che Dio, per ragioni Sue proprie, ha deciso di creare umani e scimpanzé geneticamente simili. Ma la possibilità di dare «spiegazioni» di questo tipo sottolinea semplicemente che la teoria di Darwin non è logicamente implicata dai dati. Come abbiamo visto, lo stesso è vero per tutte le teorie scientifiche. I creazionisti hanno soltanto evidenziato il fatto metodologico generale, secondo cui i dati possono sempre essere spiegati in una molteplicità di modi. Il fatto è vero, ma non rivela nulla di speciale rispetto al darwinismo.

Sebbene gli argomenti dei sostenitori della scienza della creazione siano invariabilmente difettosi, la controversia con i darwiniani solleva in effetti una questione importante riguardo all'educazione scientifica. Come dobbiamo risolvere il conflitto tra scienza e fede all'interno di un sistema educativo laico? Chi deve determinare il contenuto

dei corsi scientifici della scuola superiore? I contribuenti hanno diritto di esprimersi circa quel che viene insegnato nelle scuole per cui pagano? I genitori che non vogliono che ai loro figli venga insegnata l'evoluzione, o qualche altra materia scientifica, possono essere obbligati dallo stato? Di solito tematiche di politica pubblica come queste sono poco discusse, ma il conflitto tra darwinisti e creazionisti le ha poste in primo piano.

3. *La scienza è libera dai valori?*

Quasi tutti ammetterebbero che la conoscenza scientifica è stata usata talvolta per scopi contrari all'etica – per esempio nella fabbricazione di armi nucleari, biologiche e chimiche. Ma casi di questo genere non mostrano che c'è qualcosa di eticamente discutibile nella conoscenza scientifica stessa. È l'*uso* che è fatto di questa conoscenza che è non etico. In verità, molti filosofi direbbero che non ha senso parlare della scienza o della conoscenza scientifica come etica o non etica in sé, dato che la scienza ha a che fare con i fatti, i quali non hanno significato etico in sé. È quello che facciamo con tali fatti che è giusto o sbagliato, morale o immorale. Secondo questo punto di vista, la scienza è un'attività essenzialmente *libera da valori* – il suo scopo è solo fornire informazioni sul mondo; che cosa la società sceglie di fare con queste informazioni è un'altra questione. Non tutti i filosofi accettano questa immagine della scienza come neutrale rispetto alle questioni di valore, né la sottostante dicotomia fatto/valore su cui poggia. Alcuni affermano che l'ideale della neutralità rispetto ai valori non può essere raggiunto – la ricerca scientifica è sempre carica di giudizi di valore. (Questa è una tesi analoga a quella secondo cui tutte le osservazioni sono cariche di teoria, discussa nel quarto capitolo. In realtà spesso le due tesi si trovano insieme). Un argomento contro la possibilità di una scienza libera dai valori deriva dall'ovvio fatto che gli scienziati devono scegliere che cosa studiare – non tutto può essere esaminato insieme. Cosí si dovranno avanzare giudizi circa la relativa importanza dei possibili oggetti di studio,

e questi sono giudizi di valore, in senso debole. Un altro argomento si origina dal fatto, che dovrebbe esserci ormai familiare, secondo cui ogni insieme di dati è in linea di principio spiegabile in piú di un modo; la scelta di una teoria da parte di uno scienziato non sarà mai univocamente determinata dai suoi dati. Alcuni filosofi pensano che ciò mostri come i valori siano inevitabilmente implicati nella scelta teorica, e quindi che la scienza non può essere libera dai valori. Un terzo argomento è che la conoscenza scientifica non può essere separata dalle sue applicazioni previste, nel modo che sarebbe richiesto dalla neutralità rispetto ai valori. In questa prospettiva, è ingenuo rappresentare gli scienziati come impegnati in una ricerca disinteressata e fine a se stessa, senza riguardo per le sue applicazioni pratiche. Il fatto che molta ricerca scientifica sia finanziata da imprese private, che ovviamente hanno riconosciuti interessi commerciali, offre credibilità a questo punto di vista.

Sebbene siano interessanti, questi argomenti sono tutti piuttosto astratti – vogliono mostrare che la scienza non può essere priva di valori in linea di principio, invece di individuare casi effettivi di valori che si insinuano nella scienza. Accuse specifiche di dipendenza dai valori sono però state avanzate: un caso di questo tipo riguarda una disciplina chiamata sociobiologia umana, che generò una considerevole controversia negli anni Settanta e Ottanta del secolo scorso. La sociobiologia umana è un tentativo di applicare i principî della teoria darwiniana al comportamento umano. A prima vista questo progetto appare del tutto ragionevole: infatti gli umani sono solo un'altra specie animale, e i biologi concordano nel dire che la teoria darwiniana può spiegare molti comportamenti animali. Per esempio c'è un'ovvia spiegazione darwiniana del perché i topi di solito scappano via quando vedono dei gatti: nel passato i topi che non esibivano questo comportamento tendevano a lasciare meno discendenti di quelli che lo facevano, dato che venivano mangiati; assumendo che il comportamento avesse una base genetica, e fosse quindi trasmesso dai genitori alla prole, dopo un certo numero di generazioni si sarebbe diffuso nella popolazione. Il che spiega perché oggi i topi scappano via dai gatti. Spiega-

zioni di questo tipo sono note come «darwiniane» o «adattazioniste».

I sociobiologi umani (d'ora in poi semplicemente «sociobiologi») credono che molti tratti comportamentali umani possono avere spiegazioni adattazioniste. Uno dei loro esempi preferiti è il rifiuto dell'incesto. L'incesto – le relazioni sessuali tra membri della stessa famiglia – è considerato un tabú praticamente in tutte le società umane, ed è soggetto quasi sempre a sanzioni morali e legali. Questo è un fatto piuttosto sorprendente dato che i costumi sessuali sono per altri versi molto vari nelle varie società umane. Perché c'è una proibizione nei confronti dell'incesto? I sociobiologi offrono la seguente spiegazione: i bambini nati da relazioni incestuose hanno spesso gravi difetti genetici; cosí nel passato coloro che praticarono l'incesto avevano la tendenza a lasciare una progenie meno valida di quelli che lo evitavano. Assumendo che il rifiuto del comportamento incestuoso avesse una base genetica, e fosse quindi trasmesso dai genitori alla prole, dopo un certo numero di generazioni si sarebbe diffuso nella popolazione. Il che spiega perché l'incesto si presenta cosí raramente nelle società umane odierne.

È abbastanza comprensibile che siano numerosi coloro che si sentono a disagio di fronte a questo tipo di spiegazioni. I sociobiologi infatti ci dicono che noi siamo geneticamente pre-programmati per evitare l'incesto, e questo è in conflitto con la percezione del senso comune, secondo cui noi ci asteniamo dall'incesto perché ci hanno insegnato che è male; in altri termini, il nostro comportamento ha una spiegazione culturale invece che biologica. E l'astensione dall'incesto è in effetto solo uno degli esempi meno controversi; altri comportamenti per i quali i sociobiologi offrono spiegazioni adattazioniste comprendono lo stupro, l'aggressione, la xenofobia, la promiscuità maschile. In ciascun caso il loro ragionamento è lo stesso: gli individui che praticano il comportamento in questione si riproducono di piú di coloro che non lo fanno, il comportamento aveva basi genetiche, e quindi veniva trasmesso dai genitori alla prole. Naturalmente non tutti gli esseri umani sono aggressivi, xenofobi, o stupratori, ma questo non prova che i socio-

biologi abbiano torto. Il loro argomento, infatti, richiede soltanto che questi comportamenti abbiano una componente genetica, cioè che vi siano uno o piú geni che aumentino la probabilità che i loro portatori si impegnino nel comportamento in questione. Si tratta di una tesi molto piú debole di quella secondo cui i comportamenti sono completamente determinati geneticamente, la quale è quasi certamente falsa. In altre parole, la posizione della sociobiologia vuole spiegare perché esiste tra gli umani la *disposizione* a essere aggressivi, xenofobi e stupratori – anche se essa si manifesta raramente. Cosí il fatto che l'aggressione, la xenofobia e lo stupro siano (fortunatamente) piuttosto rari non dimostra in sé che i sociobiologi abbiano torto.

La sociobiologia suscitò forti critiche da un ampio ventaglio di studiosi. Alcune di esse ebbero un carattere strettamente scientifico: vi fu chi sottolineò come le ipotesi dei sociobiologi erano estremamente difficili da sottoporre a controllo, e avrebbero dovuto quindi essere considerate come interessanti congetture, e non verità riconosciute. Altri critici si mossero su un piano piú fondamentale, e dichiararono che l'intero programma di ricerca della sociobiologia era ideologicamente sospetto. Essi lo percepivano come un tentativo di giustificare o scusare il comportamento anti-sociale, solitamente di parte maschile. Affermando che lo stupro, per esempio, aveva una componente genetica, i sociobiologi stavano forse implicando che esso era «naturale», e quindi che gli stupratori non erano davvero responsabili per le loro azioni, ma stavano soltanto obbedendo ai propri impulsi genetici? «Come possiamo biasimare gli stupratori, se sono i geni i responsabili del loro comportamento?»: questo sembravano dire i sociobiologi. La spiegazione sociobiologica della xenofobia e della promiscuità maschile vennero considerate altrettanto dannose, in quanto sembravano implicare che fenomeni quali il razzismo e l'infedeltà coniugale, che la maggior parte della gente considera indesiderabili, erano naturali e inevitabili – il prodotto della nostra eredità genetica. In breve, i critici accusavano la sociobiologia di essere una scienza carica di valori, e pensavano che i valori di cui era impregnata fossero molto dubbi. Non sorpren-

de forse che tra questi critici ci fossero molte femministe e molti scienziati sociali.

Una possibile replica a questa accusa è insistere sulla distinzione tra fatti e valori. Si prenda il caso dello stupro: si può presumere che un gene che predispone gli esseri umani di sesso maschile allo stupro e che è diffuso per selezione naturale o c'è o non c'è. Trovare una risposta scientifica è una pura questione fattuale, anche se non facile da determinare. Ma i fatti sono una cosa, e i valori un'altra. Anche se c'è un simile gene, ciò non rende lo stupro scusabile o accettabile; né rende gli stupratori meno responsabili delle loro azioni, dato che nessuno pensa che un gene possa *costringere* alla lettera gli uomini allo stupro. Al massimo il gene potrebbe predisporre i maschi allo stupro, ma le predisposizioni innate possono essere vinte dall'influsso culturale, e a tutti viene insegnato che lo stupro è sbagliato. Lo stesso vale per la xenofobia, l'aggressione, la promiscuità sessuale. Anche se le spiegazioni sociobiologiche di questi comportamenti sono corrette, ciò non ha conseguenze sul modo in cui dovremmo regolare la società, o su qualsiasi altra materia politica o etica. Non si può dedurre l'etica dalla scienza. Cosí non c'è niente di ideologicamente sospetto nella sociobiologia; come tutte le altre scienze essa cerca soltanto di farci conoscere i fatti del mondo. Talvolta questi fatti possono disturbarci, ma dobbiamo imparare a conviverci.

Se questa obiezione è corretta, significa che dobbiamo distinguere nettamente tra le obiezioni «scientifiche» e quelle «ideologiche» alla sociobiologia. Per ragionevole che possa suonare, c'è però un punto che questa posizione non affronta. I difensori della sociobiologia sono tendenzialmente stati politicamente di destra, mentre i suoi critici provenivano di solito dalla sinistra. Ci sono molte eccezioni a questa generalizzazione, specialmente per quanto concerne la sua prima parte, ma pochi metterebbero in discussione la tendenza generale. Se la sociobiologia è soltanto una ricerca imparziale di fatti, come possiamo spiegarla? Perché dovrebbe esserci una qualche correlazione tra le opinioni politiche e gli atteggiamenti rispetto alla sociobiologia? Questa è una domanda a cui è difficile rispondere.

Infatti, sebbene alcuni sociobiologi possano aver avuto programmi politici nascosti, e sebbene alcuni critici della sociobiologia possano aver avuto progetti opposti, la correlazione si estende anche a coloro che discutono della materia in termini apparentemente scientifici. Ciò suggerisce, anche se non dimostra, che, dopo tutto, le tematiche «scientifiche» e quelle «ideologiche» non possono essere facilmente separate. Cosí rispondere alla domanda circa la natura libera o meno da valori della sociobiologia è meno facile di quello che avremmo potuto immaginare.

In conclusione, è inevitabile che un'impresa come la scienza, che occupa un ruolo cosí centrale nella società moderna e mobilita tanto denaro pubblico, debba trovarsi soggetta a critiche provenienti da molte fonti. Ed è anche una buona cosa, poiché l'accettazione acritica di tutto quello che gli scienziati dicono o fanno sarebbe tanto pericoloso quanto dogmatico. È facile predire che la scienza nel XXI secolo, attraverso le sue applicazioni tecnologiche, avrà un impatto sulla vita quotidiana persino maggiore di quanto già accade. La domanda «la scienza è un bene?» diventerà cosí ancora piú pressante. La riflessione filosofica forse non offrirà una risposta finale e inequivoca a questa domanda, ma può aiutare a individuare le questioni chiave, e incoraggiare una loro discussione razionale ed equilibrata.

Indicazioni bibliografiche

Capitolo primo.

Il testo di Alfred Rupert Hall, *The Revolution in Science 1500-1750*, Longman, London - New York 1983 [trad.it. *La rivoluzione nella scienza, 1500-1750*, Feltrinelli, Milano 1986], rappresenta un buon compendio sulla rivoluzione scientifica. Una trattazione piú dettagliata di questioni specifiche di storia della scienza può essere reperita in R. C. Olby, G. N. Cantor, J. R. R. Christie e M. J. S. Hodge (a cura di), *Companion to the History of Modern Science*, Routledge, London - New York 1990. Ci sono molte buone introduzioni alla filosofia della scienza; tra le piú recenti ne segnaliamo due: Alexander Rosenberg, *The Philosophy of Science*, Routledge, London 2000, e Barry Gower, *Scientific Method*, Routledge, London 1997. Il testo a cura di Martin Curd e Jan A. Cover, *Philosophy of Science: The Central Issues*, W.W. Norton & co., New York 1998, contiene saggi, ampiamente commentati dai curatori, che trattano tutte le piú importanti questioni della filosofia della scienza.

Il tentativo di Karl R. Popper di demarcare la scienza dalla pseudo-scienza può essere rintracciato in *Conjectures and Refutations*, Routledge, London 1963 [trad. it. *Congetture e confutazioni: lo sviluppo della conoscenza scientifica*, il Mulino, Bologna 1969]. Una buona discussione del criterio di demarcazione popperiano si trova in Donald Gillies, *Philosophy of Science in the 20th Century*, Blackwell, Oxford 1993 (parte IV) [trad. it. (con Giulio Giorello), *La filosofia della scienza nel XX secolo*, Laterza, Roma-Bari 1995]. Il volume di Anthony O'Hear, *Karl Popper*, Routledge, London 1980 [trad. it. *Karl Popper*, Borla, Roma 1984], è un'introduzione generale alle posizioni filosofiche di Popper.

Su questi temi il lettore italiano potrà consultare anche Giovanni Boniolo, Maria Luisa Dalla Chiara, Giulio Giorello, Corrado Sinigaglia e Silvano Tagliagambe (a cura di), *Filosofia della scienza*, Raffaello Cortina, Milano 2002; Giovanni Boniolo, *Introduzione alla filosofia della scienza*, Bruno Mondadori, Milano 2003; Giovanni Boniolo e Paolo Vidali, *Filosofia della scienza*, Bruno Mondadori, Milano 1999; Maria Luisa Dalla Chiara e Giuliano Toraldo di Francia, *Introduzione alla filosofia della scienza*, Laterza, Roma-Bari 1999;

Mauro Dorato, *Filosofia della scienza*, Laterza, Roma-Bari 2006 (in corso di stampa); Vincenzo Fano, *Comprendere la scienza. Un'introduzione all'epistemologia*, Liguori, Napoli 2005; Giulio Giorello, *Introduzione alla filosofia della scienza*, Bompiani, Milano 1994; Nicla Vassallo (a cura di), *Filosofie delle scienze*, Einaudi, Torino 2003. Questi testi contengono interessanti trattazioni di molti dei temi discussi nei successivi capitoli del presente volume; per una prima introduzione a Popper si veda anche Matteo Motterlini, *Popper*, il Saggiatore, Milano 1997.

Capitolo secondo.

The Foundations of Scientific Inference di Wesley Salmon (University of Pittsburgh Press, Pittsburgh 1967) contiene una discussione molto chiara delle questioni sollevate in questo capitolo. L'argomento originario di Hume si trova nel libro IV, sezione 4, del suo *Enquiry Concerning Human Understanding*, Clarendon Press, Oxford 1966 [trad. it. *Ricerche sull'intelletto umano e sui princìpi della morale*, Rusconi, Milano 1980]. L'articolo di Peter F. Strawson si trova nel volume curato da Richard Swinburne, *The Justification of Induction*, Oxford University Press, Oxford 1974, che contiene anche altri saggi interessanti. L'articolo di Gilbert Harman su ISM è *The Inference to the Best Explanation*, in «Philosophical Review», LXXIV (1965), pp. 88-95. Il libro di Peter Lipton, *Inference to the Best Explanation*, Routledge, London 1991, è un'ampia trattazione dell'argomento. Il tentativo di soluzione di Popper del problema dell'induzione si trova in *The Logic of Scientific Discovery*, Basic Books, New York 1959 [trad. it. *Logica della scoperta scientifica*, Einaudi, Torino 1970]. Una buona critica di Popper è contenuta nell'articolo di Wesley Salmon, *Rational Prediction*, in Martin Curd e Jan A. Cover (a cura di), *Philosophy of Science: The Central Issues* cit., pp. 433-44. Le diverse interpretazioni della probabilità sono discusse in Donald Gillies, *Philosophical Theories of Probability*, Routledge, London - New York 2000 e in Brian Skyrms, *Choice and Chance*, Wadsworth, Belmont (Ca.) 1986 [trad. it. *Introduzione alla logica induttiva*, il Mulino, Bologna 1974].

Su questi temi il lettore italiano potrà consultare anche Domenico Costantini, *Fondamenti del calcolo delle probabilità*, Feltrinelli, Milano 1964; Roberto Festa, *Induzione, probabilità e verisimilitudine*, in Giulio Giorello (a cura di), *Introduzione alla filosofia della scienza* cit., pp. 283-317; Roberto Festa, *Cambiare opinione: temi e problemi di epistemologia bayesiana*, Clueb, Bologna 1996; Maria Carla Galavotti, *Probabilità, induzione, metodo statistico*, Clueb, Bologna 1992; Id., *Probabilità*, La Nuova Italia, Firenze 2000.

Capitolo terzo.

La presentazione originale del modello della legge di copertura di Carl Gustav Hempel, si trova nel suo *Aspects of Scientific Explanation*, Free Press, New York 1965 [trad. it. *Aspetti della spiegazione scientifica*, il Saggiatore, Milano 1986, saggio 12]. Il libro di Wesley C. Salmon, *Four Decades of Scientific Explanation*, University of Minnesota Press, Minneapolis 1989 [trad. it. *40 anni di spiegazione scientifica: scienza e filosofia 1948-1987*, Franco Muzzio, Padova 1992], rappresenta un resoconto molto utile del dibattito innescato da Hempel. Due antologie sulla spiegazione scientifica sono Joseph Pitt (a cura di), *Theories of Explanation*, Oxford University Press, Oxford 1988 e David-Hillel Ruben (a cura di), *Explanation*, Oxford University Press, Oxford 1993. Il suggerimento che la coscienza non potrà mai essere spiegata scientificamente è difesa da Colin McGinn, *Problems of Consciousness*, Blackwell, Okford 1991 [La traduzione del primo capitolo, *Possiamo risolvere il problema mente corpo?*, si trova in Marco Salucci (a cura di), *La teoria dell'identità*, Le Monnier, Firenze 2005]. Per una discussione cfr. Martin Davies, *The Philosophy of Mind*, in Anthony C. Grayling, *Philosophy: A Guide Through the Subject*, Oxford University Press, Oxford 1995 e Jaewgon Kim, *Philosophy of Mind*, Westview Press, Boulder (Col.) 1993, capitolo VII. L'idea che la realizzabilità multipla rende conto dell'autonomia delle scienze speciali si trova in un saggio impegnativo di Jerry A. Fodor, *Special Sciences*, in *Representations*, MIT Press, Cambridge (Mass.) 1981 (originariamente pubblicato in «Synthese», XXVIII (1974), pp. 77-115). Per approfondire l'importante questione del riduzonismo, cfr. i saggi della sezione 8 e i commenti dei curatori in Martin Curd e Jan A. Cover (a cura di), *Philosophy of Science: The Central Issues* cit.

Su questi temi il lettore italiano potrà consultare anche Margherita Benzi, *Scoprire le cause*, Franco Angeli, Milano 2003; Raffaella Campaner (a cura di), *La spiegazione nelle scienze umane*, Carocci, Roma 2004; Michele Di Francesco, *La coscienza*, Laterza, Roma-Bari 2002; Mauro Dorato, *Il software dell'Universo. Saggio sulle leggi di natura*, Bruno Mondadori, Milano 2000; Federico Laudisa, *Causalità. Storia di un modello di conoscenza*, Carocci, Roma 1999.

Capitolo quarto.

Il testo di Jarrett Leplin (a cura di), *Scientific Realism*, University of California Press, Berkeley - Los Angeles - London 1984 è un'importante raccolta di saggi sul dibattito realismo/anti-realismo. Un'ampia e recente difesa del realismo è il volume di Stathis Psillos, *Scientific Realism: How Science Tracks Truth*, Routledge, London 1999. Il

saggio di Grover Maxwell, *The Ontological Status of Theoretical Entities*, è ristampato in Martin Curd e Jan A. Cover (a cura di), *Philosophy of Science: The Central Issues* cit., pp. 1052-63. La difesa molto influente dell'anti-realismo proposta da Bas Van Fraassen è nel suo, *The Scientific Image*, Oxford University Press, New York, 1980 [trad. it. *L'immagine scientifica*, Clueb, Bologna 1985]. Una serie di discussioni critiche dell'opera di Van Fraassen, con le repliche di quest'ultimo si trova in Paul M. Churchland e Clifford A. Hooker (a cura di), *Images of Science*, University of Chicago Press, Chicago-London 1985. L'argomento secondo cui il realismo scientifico è in conflitto con i dati della storia è sviluppato da Larry Laudan in *A Confutation of Convergent Realism*, in Jarrett Leplin (a cura di), *Scientific Realism* cit. (originariamente pubblicato in «Philosophy of Science», XLVIII (1981), pp. 19-48). L'argomento «niente miracoli» fu sviluppato originariamente da Hilary Putnam; si veda *Mathematics, Matter and Method*, Cambridge University Press, Cambridge 1975 [trad. it. *Matematica, materia e metodo*, Adelphi, Milano 1993]. *Demystifying Underdetermination*, di Larry Laudan, in Martin Curd e Jan A. Cover (a cura di), *Philosophy of science: The Central Issues* cit. è una buona discussione del concetto di sottodeterminazione.

Su questi temi il lettore italiano potrà consultare anche Massimo Dell'Utri, *Le vie del realismo. Verità, linguaggio e conoscenza in Hilary Putnam*, Franco Angeli, Milano 1992; Alessandro Pagnini (a cura di), *Realismo/antirealismo*, La Nuova Italia, Firenze 1995; Paolo Parrini, *Conoscenza e realtà. Saggio di filosofia positiva*, Laterza, Roma-Bari 1995.

Capitolo quinto.

Importanti saggi dei primi positivisti logici possono essere trovati in Herbert Feigl e May Brodbeck (a cura di), *Readings in the Philosophy of Science*, Appleton Century Crofts, New York 1953. Il libro di Thomas S. Kuhn, *The Structure of Scientific Revolutions*, University of Chicago Press, Chicago 1963 [trad. it. *La struttura delle rivoluzioni scientifiche*, Einaudi, Torino 1969 e 2002[4]] (dal 1970 le edizioni includono il Poscritto del 1969) è per la gran parte di facile lettura. Il pensiero piú tardo di Kuhn e le sue riflessioni sul dibattito inaugurato dal suo libro possono essere rintracciati in *Oggettività, giudizio di valore e scelta della teoria*, in Id., *The Essential Tension*, University of Chicago Press, Chicago 1977 [trad. it. *La tensione essenziale. Cambiamenti e continuità nella scienza*, Einaudi, Torino 1985, pp. 351-74], e in *The Road Since Structure: Philosophical Essays, 1970-1993*, University of Chicago Press, Chicago-London 2000 [si veda anche Thomas S. Kuhn, *La tensione essenziale e altri saggi*, Einaudi, Torino 2006]. Due ampie e recenti discussioni dell'opera

di Kuhn sono proposte da Paul Hoyningen-Huene, *Reconstructing Scientific Revolution: Thomas S. Kuhn's Philosophy of Science*, University of Chicago Press, Chicago 1993 e da Alexander Bird, *Thomas Kuhn*, Princeton University Press, Princeton 2001. Il testo di Paul Horwich (a cura di), *World Changes: Thomas Kuhn and the Nature of Science*, MIT Press, Cambridge (Mass.) 1993, contiene discussioni del pensiero di Kuhn da parte di autorevoli storici e filosofi della scienza, con commenti dello stesso Kuhn.

Su questi temi il lettore italiano potrà consultare anche Alberto Pasquinelli (a cura di) *Il neoempirismo*, Utet, Torino 1969; Donald Gillies e Giulio Giorello, *La filosofia della scienza nel XX secolo* cit.; Rosaria Egidi (a cura di), *La svolta relativistica nell'epistemologia contemporanea*, Franco Angeli, Milano 1988; Thomas S. Kuhn, *Dogma contro critica*, Raffello Cortina, Milano 2000.

Capitolo sesto.

Il dibattito originale tra Newton e Leibniz consiste in cinque scritti originali di Leibniz e cinque repliche di Samuel Clarke, il portavoce di Newton, che sono ristampati in H. G. Alexander, *The Leibniz-Clarke correspondence*, Manchester University Press, Manchester 1965 [trad. it. in G. W. Leibniz, *Scritti filosofici*, a cura di M. Mugnai e E. Pasini, Utet, Torino 2000]. Discussioni interessanti su questo tema si possono trovare in Nick Huggett, *Space from Zeno to Einstein*, MIT Press, Cambridge (Mass.) 1999 e in Christopher Ray, *Time, Space and Philosophy*, Routledge, London - New York 1991. La classificazione biologica è discussa dal punto di vista filosofico in Elliott Sober, *Philosophy of Biology*, Westview Press, Boulder (Col.) 1993, capitolo VII. Una discussione molto dettagliata dello scontro tra fenetisti e cladisti è fornita da David Hull, *Science as a Process*, University of Chicago Press, Chicago-London 1988. Utile è anche Ernst Mayr, *Biological Classification: Towards a Synthesis of Opposing Methodologies*, in Elliott Sober (a cura di), *Conceptual Issues in Evolutionary Biology*, MIT Press, Cambridge (Mass.) 1994[2]. *The Modularity of Mind*, MIT Press, Cambridge (Mass.) 1983 [trad. it. *La mente modulare*, il Mulino, Bologna 1999], di Jerry A. Fodor è un testo piuttosto impegnativo, ma che vale la fatica. Buone discussioni intorno alla questione della modularità si trovano in Kim Sterelny, *The Representational Theory of Mind*, Blackwell, Oxford 1990 e in Jay L. Garfield, *Modularity*, in Samuel Guttenplan (a cura di), *A Companion to the Philosophy of Mind*, Blackwell, Oxford 1994.

Su questi temi il lettore italiano potrà consultare anche Giovanni Boniolo (a cura di), *Filosofia della fisica*, Bruno Mondadori, Milano 1997; Barbara Continenza ed Elena Gagliasso, *Giochi aperti in biologia: una riflessione critica su adattamento, struttura, specie*, Fran-

co Angeli, Milano 1996; Telmo Pievani, *Introduzione alla filosofia della biologia*, Laterza, Roma-Bari 2005; Massimo Marraffa e Cristina Meini, *La mente sociale*, Laterza, Roma-Bari, capp. II (*La mente modulare*) e III (*La modularità massiva*).

Capitolo settimo.

Tom Sorell, *Scientism*, Routledge, London - New York 1991, contiene una discussione dettagliata del concetto di scientismo. La questione dell'applicabilità dei metodi delle scienze naturali alle scienze sociali è discussa da Alexander Rosenberg, *Philosophy of Social Science*, Clarendon Press, Oxford 1988 e da David Papineau, *For Science in the Social Sciences*, MacMillan, London 1978. La controversia tra creazionisti e darwinisti è esaminata dettagliatamente da Philip Kitcher, *Abusing Science: The Case Against Creationism*, MIT Press, Cambridge (Mass.) 1982. Un tipico esempio di testo creazionista è Duane Gish, *Evolution? The Fossils Say No!*, Creation Life Publishers, San Diego 1979. Tra le buone discussioni generali della natura carica di valori o meno della scienza si segnalano Larry Laudan, *Science and Values*, University of California Press, Berkeley 1984 [trad. it. *La scienza e i valori*, Laterza, Roma-Bari 1987] e Helen E. Longino, *Science as Social Knowledge: Values and Objectivity in Scientific Inquiry*, Princeton University Press, Princeton 1990. La controversia riguardo alla sociobiologia prese le mosse dal libro di Edward O. Wilson, *Sociobiology*, Harvard University Press, Cambridge (Mass.) 1975 [trad. it. *Sociobiologia: la nuova sintesi*, Zanichelli, Bologna 1983]; rilevante è anche Edward O. Wilson, *On Human Nature*, Bantam Books, New York 1978 [trad. it. *Sulla natura umana*, Zanichelli, Bologna 1980]. Un esame dettagliato ed equilibrato della controversia è fornito da Philip Kitcher, *Vaulting Ambition: Sociobiology and the Quest for Human Nature*, MIT Press, Cambridge (Mass.) 1985.

Su questi temi il lettore italiano potrà consultare anche Gabriele Lolli, *Beffe, scienziati e stregoni. La scienza oltre realismo e relativismo*, il Mulino, Bologna 1998.

Indice analitico

Piccola Biblioteca Einaudi
Nuova serie

Filosofia

2. Nigel Warburton, *Il primo libro di filosofia*
6. Jean-Jacques Wunenburger, *Filosofia delle immagini*
8. Pierre Hadot, *Plotino o la semplicità dello sguardo*
14. Franca D'Agostini, *Breve storia della filosofia nel Novecento*
30. Pascal Engel, *Filosofia e psicologia*
40. Bernard Williams, *La moralità*
55. Karl Löwith, *Da Hegel a Nietzsche*
67. Karl R. Popper, *Scienza e filosofia*
69. Anne Cheng, *Storia del pensiero cinese* (2 voll.)
77. Michael Dummett, *Origini della filosofia analitica*
78. Giorgio Agamben, *Infanzia e storia*
101. Massimo Mugnai, *Introduzione alla filosofia di Leibniz*
106. Jean-A. Keim, *Breve storia della filosofia*
110. Fulvia de Luise e Giuseppe Farinetti, *Storia della felicità. Gli antichi e i moderni*
112. Chaïm Perelman e Lucie Olbrechts-Tyteca, *Trattato dell'argomentazione*
134. Giulio Schiavoni, *Walter Benjamin. Il figlio della felicità*
139. Gilles Deleuze, *Il bergsonismo e altri saggi*
144. Carlos Lévy, *Le filosofie ellenistiche*
154. Kurt Flasch, *Introduzione alla filosofia medievale*
173. Paolo Rossi, *Storia e filosofia*
176. Vincenzo Costa, Elio Franzini e Paolo Spinicci, *La fenomenologia*
177. *Storia della filosofia analitica*, a cura di Franca D'Agostini e Nicla Vassallo
187. Gilles Deleuze, *Nietzsche e la filosofia*
194. Camille Dumoulié, *Il desiderio*
209. Gilles Deleuze e Félix Guattari, *Che cos'è la filosofia?*
212. Jean Starobinsky, *Montesquieu*
214. Max Horkheimer, *Filosofia e teoria critica*

215. Maria Lorenza Chiesara, *Storia dello scetticismo greco*
222. Anthony Kenny, *Frege*
228. Max Weber, *Il metodo delle scienze storico-sociali*
229. Bertrand Russell, *La filosofia dell'atomismo logico*
235. Stefano Petrucciani, *Modelli di filosofia politica*
238. Mario Vegetti, *Quindici lezioni su Platone*
242. Nicla Vassallo, *Filosofie delle scienze*
248. Franco Farinelli, *Geografia*
253. Gilles Deleuze, *La piega*
258. Nigel Warburton, *La questione dell'arte*
262. Alain Badiou, *Deleuze. «Il clamore dell'essere»*
264. *La filosofia di fronte all'estremo*, a cura di Simona Forti
266. Karl Marx, *Manoscritti economico-filosofici del 1844*
267. Norberto Bobbio, *Thomas Hobbes*
271. Maria Bettetini, *Figure di verità*
273. Michel Foucault, *L'ordine del discorso*
281. Andrea Iacona, *L'argomentazione*
285. *Storia della filosofia nell'Islam medievale*, vol. I, a cura di Cristina D'Ancona
286. *Storia della filosofia nell'Islam medievale*, vol. II, a cura di Cristina D'Ancona
291. *La Scuola di Francoforte*, a cura di Enrico Donaggio
292. Pierluigi Donini e Franco Ferrari, *L'esercizio della ragione nel mondo classico*
297. Pierre Hadot, *Esercizi spirituali e filosofia antica*
298. Benjamin Constant, *La libertà degli antichi, paragonata a quella dei moderni*
305. Giorgio Agamben, *Homo sacer*
306. Ludwig Wittgenstein, *Causa ed effetto*
307. Roberto Esposito, *Communitas*
311. Thomas S. Kuhn, *La tensione essenziale*
323. Samir Okasha, *Il primo libro di filosofia della scienza*
325. Confucio, *Dialoghi*

Scienza

4. Robert Kandel, *L'incertezza del clima*
9. Pascal Duris e Gabriel Gohau, *Storia della biologia*
19. Ilya Prigogine e Isabelle Stengers, *La nuova alleanza*
22. J. Douglas Macdougall, *Storia della Terra*
63. Thomas S. Kuhn, *La rivoluzione copernicana*
48. Piergiorgio Odifreddi, *La matematica del Novecento*
76. Alexandre Koyré, *Dal mondo del pressappoco all'universo della precisione*
218. Steven Shapin, *La rivoluzione scientifica*
277. Timothy Gowers, *Matematica. Un'introduzione*
289. Giulio Barsanti, *Una lunga pazienza cieca*
314. Franco Carlini, *Lo stile del Web*

Scienze sociali

10. Herbert Marcuse, *L'uomo a una dimensione*
27. Krishan Kumar, *Le nuove teorie del mondo contemporaneo*
44. Hans Kelsen, *Il problema della giustizia*
62. Hans Kelsen, *Lineamenti di dottrina pura del diritto*
86. Alf Ross, *Diritto e giustizia*
107. Herbert Marcuse, *Eros e civiltà*
113. *Lezioni di sociologia*, a cura di Max Horkheimer e Theodor W. Adorno
115. Gianfranco Marrone, *Corpi sociali*
140. Armand Mattelart, *Storia della società dell'informazione*
160. Marcel Mauss, *Saggio sul dono*
166. Alberto M. Cirese, *Oggetti, segni, musei*
200. Herbert L. A. Hart, *Concetto di diritto*
211. Claude Lévi-Strauss, *Razza e storia*
213. Renato Treves, *Sociologia del diritto*
226. *Diritto privato romano*, a cura di Aldo Schiavone
256. Max Weber, *La scienza come professione. La politica come professione*
265. Taiichi Ohno, *Lo spirito Toyota*
283. Gianfranco Marrone, *La Cura Ludovico*

322. Marco Revelli, *Oltre il Novecento*
324. Roland Barthes, *Il senso della moda*

Psicologia

11. Mikkel Borch-Jacobsen, *Lacan, il maestro assoluto*
20. *La psicoanalisi e l'antisemitismo*, a cura di Mauro Bertani e Michele Ranchetti
21. *Preconscio e creatività*, a cura di Pier Francesco Galli
46. Jean Piaget, *Lo sviluppo mentale del bambino e altri studi di psicologia*
58. *L'omosessualità nella psicoanalisi*, a cura di Fabiano Bassi e Pier Francesco Galli
82. Adriano Zamperini, *Psicologia dell'inerzia e della solidarietà*
89. Évelyne Pewzner e Jean-François Braunstein, *Storia della psicologia*
98. Jean Piaget e Bärbel Inhelder, *La psicologia del bambino*
108. Maurice Despinoy, *Psicopatologia del bambino e dell'adolescente*
149. *Dizionario di psicologia dello sviluppo*, a cura di Silvia Bonino
152. Évelyne Pewzner, *Introduzione alla psicopatologia dell'adulto*
156. Adriano Zamperini, *Psicologia sociale*
208. M. Chiara Levorato, *Psicologia dello sviluppo*
225. Michele Roccato, *Le tendenze antidemocratiche*
232. Paul Bercherie, *La costruzione della metapsicologia freudiana*
257. Ronald D. Laing, *Nodi*
274. Maria Rosa Baroni e Valentina D'Urso, *Psicologia generale*
276. Adriano Zamperini, *Prigioni della mente*
284. Jacques Lacan, *I complessi familiari*
296. Franco Basaglia, *L'utopia della realtà*
309. Jacques Lacan, *Dei Nomi-del-Padre* seguito da *Il trionfo della religione*
320. Arnaldo Ballerini, Francesco Barale, Vittorio Gallese, Stefania Ucelli, *Autismo. L'umanità nascosta*, a cura di Stefano Mistura